

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection
for household and similar uses (RCBOs) –
Part 1: General rules**

**Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de
protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et
analogues (DD) –
Partie 1: Règles générales**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection
for household and similar uses (RCBOs) –
Part 1: General rules**

**Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de
protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et
analogues (DD) –
Partie 1: Règles générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-1101-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection
for household and similar uses (RCBOs) –
Part 1: General rules**

**Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de
protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et
analogues (DD) –
Partie 1: Règles générales**

CONTENTS

FOREWORD.....	10
INTRODUCTION.....	12
1 Scope.....	13
2 Normative references	15
3 Terms and definitions	16
3.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth	16
3.2 Definitions relating to the energization of a residual current circuit-breaker	16
3.3 Definitions relating to the operation and functions of residual current circuit-breakers	17
3.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities	20
3.5 Definitions relating to values and ranges of influencing quantities	24
3.6 Definitions relating to terminals	24
3.7 Definitions relating to conditions of operation	26
3.8 Definitions relating to constructional elements	27
3.9 Definitions relating to tests	28
3.10 Definitions relating to insulation coordination.....	28
4 Classification.....	30
4.1 According to the method of operation	30
4.1.1 RCBO functionally independent of line voltage (see 3.3.8).....	30
4.1.2 RCBO functionally dependent on line voltage (see 3.3.9)	30
4.2 According to the type of installation.....	31
4.3 According to the number of poles and current paths	31
4.4 According to the possibility of adjusting the residual operating current	31
4.5 According to resistance to unwanted tripping due to voltage surges	31
4.6 According to behaviour in presence of d.c. components	31
4.7 According to time-delay (in presence of a residual current)	31
4.8 According to the protection against external influences	31
4.9 According to the method of mounting	32
4.10 According to the method of connection.....	32
4.11 According to the instantaneous tripping current (see 3.4.18)	32
4.12 According to the I^2t characteristic	32
4.13 According to the type of terminals	32
5 Characteristics of RCBOs.....	32
5.1 Summary of characteristics	32
5.2 Rated quantities and other characteristics	33
5.2.1 Rated voltage	33
5.2.2 Rated current (I_n)	33
5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	34
5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	34
5.2.5 Rated frequency	34
5.2.6 Rated short-circuit capacity (I_{cn})	34
5.2.7 Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$).....	34
5.2.8 RCBO type S.....	34
5.2.9 Operating characteristics in case of residual currents with d.c. components.....	34
5.3 Standard and preferred values	34

5.3.1	Preferred values of rated voltage (U_n)	34
5.3.2	Preferred values of rated current (I_n)	35
5.3.3	Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	35
5.3.4	Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	35
5.3.5	Standard values of rated frequency	35
5.3.6	Values of rated short-circuit capacity	36
5.3.7	Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	36
5.3.8	Limiting values of break time and non-actuating time for RCBO of type AC and A	36
5.3.9	Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping	37
5.3.10	Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})	38
6	Marking and other product information.....	38
7	Standard conditions for operation in service and for installation.....	40
7.1	Standard conditions.....	40
7.2	Conditions of installation	41
7.3	Pollution degree	41
8	Requirements for construction and operation.....	41
8.1	Mechanical design.....	41
8.1.1	General	41
8.1.2	Mechanism	42
8.1.3	Clearances and creepage distances (see also Annex B).....	43
8.1.4	Screws, current-carrying parts and connections.....	46
8.1.5	Terminals for external conductors.....	47
8.1.6	Non-interchangeability.....	50
8.2	Protection against electric shock	50
8.3	Dielectric properties and isolating capability	51
8.4	Temperature-rise.....	51
8.4.1	Temperature-rise limits	51
8.4.2	Ambient air temperature	52
8.5	Operating characteristics.....	52
8.5.1	Under residual current conditions	52
8.5.2	Under overcurrent conditions.....	52
8.6	Mechanical and electrical endurance	54
8.7	Performance at short-circuit currents.....	54
8.8	Resistance to mechanical shock and impact.....	54
8.9	Resistance to heat	54
8.10	Resistance to abnormal heat and to fire	54
8.11	Test device.....	54
8.12	Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage.....	55
8.13	~~Behaviour of RCBOs in case of a single-phase overcurrent through a three- pole or four-pole RCBO~~ Void	55
8.14	Behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages	55
8.15	Behaviour of RCBOs in case of earth fault currents comprising a d.c. component	55
8.16	Reliability	56
8.17	Electromagnetic compatibility (EMC)	56

9	Tests	56
9.1	General	56
9.2	Test conditions	57
9.3	Test of indelibility of marking	58
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	58
9.5	Test of reliability of screw-type terminals for external copper conductors.....	59
9.6	Verification of protection against electric shock	62
9.7	Test of dielectric properties	62
9.7.1	Resistance to humidity	62
9.7.2	Insulation resistance of the main circuit	63
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit	64
9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits	64
9.7.5	Secondary circuit of detection transformers	65
9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements.....	65
9.7.7	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts	66
9.8	Test of temperature-rise	71
9.8.1	Ambient air temperature	71
9.8.2	Test procedure	71
9.8.3	Measurement of the temperature of parts	71
9.8.4	Temperature-rise of a part	71
9.9	Verification of the operating characteristic	72
9.9.1	Verification of the operating characteristics under residual current conditions.....	72
9.9.2	Verification of the operating characteristic under overcurrent conditions.....	75
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance	76
9.10.1	General test conditions	76
9.10.2	Test procedure	77
9.10.3	Condition of the RCBO after test	77
9.11	Verification of the trip-free mechanism	78
9.11.1	General test conditions	78
9.11.2	Test procedure	78
9.12	Short-circuit tests	78
9.12.1	General conditions for test	78
9.12.2	Test circuit for short-circuit performance	79
9.12.3	Values of test quantities	80
9.12.4	Tolerances on test quantities.....	80
9.12.5	Power factor of the test circuit	81
9.12.6	Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p)	81
9.12.7	Calibration of the test circuit.....	81
9.12.8	Interpretation of records	82
9.12.9	Condition of the RCBO for test	82
9.12.10	Behaviour of the RCBO during short-circuit tests.....	83
9.12.11	Test procedure	83
9.12.12	Verification of the RCBO after short-circuit test	87
9.12.13	Verification of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	88

9.13	Verification of resistance to mechanical shock and impact	89
9.13.1	Mechanical shock	89
9.13.2	Mechanical impact	89
9.14	Test of resistance to heat	92
9.15	Test of resistance to abnormal heat and to fire	93
9.16	Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage	94
9.17	Verification of the behaviour of RCBOs functionally dependent on line voltage, classified under 4.1.2.1, in case of failure of the line voltage	94
9.17.1	Determination of the limiting value of the line voltage (U_x).....	94
9.17.2	Verification of the automatic opening in case of failure of the line voltage	95
9.17.3	Verification of the correct operation, in presence of a residual current, for RCBOs opening with delay in case of failure of the line voltage	95
9.17.4	Verification of correct operation of RCBOs with three or four current paths, in presence of a residual current, the neutral and one line terminal only being energized.....	95
9.17.5	Verification of the reclosing function of automatically reclosing RCBOs	95
9.18	~~Verification of the limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCBO~~ Void	95
9.19	Verification of behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages.....	96
9.19.1	Current surge test for all RCBOs (0,5 µs/100 kHz ring wave test).....	96
9.19.2	Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test).....	96
9.20	~~Verification of resistance of the insulation against an impulse voltage~~ Void	97
9.21	~~Verification of correct operation of residual currents with d.c. components~~ Void	98
9.21.1	~~Type A residual current devices.....~~	98
9.22	Verification of reliability.....	99
9.22.1	Climatic test.....	99
9.22.2	Test with temperature of 40 °C	101
9.23	Verification of ageing of electronic components	101
9.24	Electromagnetic compatibility (EMC).....	102
9.24.1	Tests covered by the present standard	102
9.24.2	Tests to be carried out according to IEC 61543.....	102
9.25	Test of resistance to rusting	102
Annex A (normative)	Test sequence and number of samples to be submitted for certification purposes.....	131
Annex B (normative)	Determination of clearances and creepage distances	138
Annex C (normative)	Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests.....	145
Annex D (normative)	Routine tests	148
Annex E (normative)	Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage	149
Annex F (normative)	Coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit	150
Annex G (normative)	Additional requirements and tests for RCBOs consisting of a circuit-breaker and a residual current unit designed for assembly on site	151

Annex H (informative) Void	155
Annex IA (informative) Methods for determination of short-circuit power-factor	156
Annex IB (informative) Glossary of symbols.....	158
Annex IC (informative) Examples of terminals.....	159
Annex ID (informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors	162
Annex IE (informative) Follow-up testing programme for RCBOs.....	163
~~Annex J (normative) Particular requirements for RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors~~	~~167~~
~~Annex K (normative) Particular requirements for RCBOs with flat quick-connect terminations.....~~	~~175~~
~~Annex L (normative) Specific requirements for RCBOs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors~~	~~182~~
Bibliography	192
 Figure 1 – Thread-forming tapping screw (3.6.10).....	 103
Figure 2 – Thread-cutting tapping screw (3.6.11)	103
Figure 3 – Jointed test finger (9.6)	104
Figure 4 – Test circuit for the verification of – operating characteristics (9.9.1) – trip-free mechanism (9.11) – behaviour in case of failure of line voltage (9.17.3 and 9.17.4) for RCBOs functionally dependent on line voltage.....	105
Figure 5 – Test circuit for the verification of the correct operation of RCBOs, in the case of residual pulsating direct currents.....	106
Figure 6 – Test circuit for the verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents in presence of a standing smooth direct current of 0,006 A.....	107
~~Figure 7 – Test circuit for the verification of the suitability of an RCBO for use in IT systems (9.12.11.2.2)~~	~~109~~
~~Figure 7 – Typical diagram for all short-circuit tests except for 9.12.11.2.2.....~~	~~110~~
~~Figure 8 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a single-pole RCBO with two current paths (9.12).....~~	~~111~~
~~Figure 8 – Typical diagram for short-circuit tests according to 9.12.11.2.2.....~~	~~112~~
~~Figure 9 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a two-pole RCBO, in case of a single phase circuit (9.12)~~	~~113~~
~~Figure 9 – Detail of impedances Z, Z_1 and Z_2~~	~~113~~
~~Figure 10 – Test circuit for the verification of the rated short circuit capacity of a three-pole RCBO on a three-phase circuit (9.12)-Void.....~~	~~114~~
~~Figure 11 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a three-pole RCBO with four current paths on a three-phase circuit with neutral (9.12)-Void~~	~~115~~
~~Figure 12 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a four-pole RCBO on a three-phase circuit with neutral (9.12)-Void~~	~~116~~
Figure 13 – Example of calibration record for short-circuit test	117
Figure 14 – Mechanical shock test apparatus (9.13.1)	118
Figure 15 – Mechanical impact test apparatus (9.13.2.1)	119
Figure 16 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.13.2.1)	120
Figure 17 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.13.2.1)	121

Figure 18 – Example of mounting an unenclosed RCBO for mechanical impact test (9.13.2.1)	122
Figure 19 – Example of mounting of panel mounting type RCBO for the mechanical impact test (9.13.2.1)	123
Figure 20 – Application of force for mechanical impact test of rail mounted RCBO (9.13.2.2)	124
Figure 21 – Ball-pressure test apparatus (9.14.2)	124
Figure 22 – ~~Test circuit for the verification of the limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCBO (9.18)Void~~	125
Figure 23 – Stabilizing period for reliability test (9.22.1.3)	126
Figure 24 – Reliability test cycle (9.22.1.3)	127
Figure 25 – Example of a test circuit for verification of ageing of electronic components (9.23)	128
Figure 26 – Damped oscillator current wave, 0,5 µs/100 kHz	128
Figure 27 – Test circuit for the ring wave test at RCBOs	129
Figure 28 – Surge current impulse 8/20 µs	129
Figure 29 – Test circuit for the surge current test at RCBOs	130
~~Figure B.1 to B.10 – Illustrations of the application of creepage distances~~	~~139~~
~~Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances~~	~~144~~
Figure C.1 – Test arrangement	146
Figure C.2 – Grid	147
Figure C.3 – Grid circuit	147
Figure IC.1 – Examples of pillar terminals	159
Figure IC.2 – Example of screw terminals and stud terminals	160
Figure IC.3 – Example of saddle terminals	161
Figure IC.4 – Examples of lug terminals	161
Figure J.1 – Connecting samples	172
Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals	173
Figure K.1– Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise	178
Figure K.2 – Dimensions of male tabs	179
Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)	180
Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)	180
Figure K.5 – Dimensions of hole detents	180
Figure K.6 – Dimensions of female connectors	181
Figure L.1 – General arrangement for the test	190
Figure L.2	190
Figure L.3	191
Figure L.4	191
Figure L.5	191
Figure L.6	191
Table 1 – Standard values of rated short-circuit capacity	36
Table 2 – Limiting values of break time and non-actuating time for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A RCBO	36

Table 3 – Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values) for type A RCBO	37
Table 4 – Ranges of overcurrent instantaneous tripping.....	38
Table 5 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation.....	38
Table 6 – Standard conditions for operation in service	41
Table 7 – Minimum clearances and creepage distances.....	45
Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals.....	48
Table 9 – Temperature-rise values	52
Table 10 – Time-current operating characteristics.....	53
Table 11 – Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage	55
Table 12 – List of type tests	56
Table 13 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	57
Table 14 – Screw thread diameters and applied torques	59
Table 15 – Pulling forces	60
~~Table 16 – Conductor dimensions~~	~~61~~
Table 17 – Test voltage of auxiliary circuits	65
~~Table 18 – Test voltage across the open contacts for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out.....~~	~~67~~
~~Table 19 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage for the parts not tested in 9.7.7.1.....~~	~~69~~
Table 20 – List of short-circuit tests.....	79
Table 21 – Power factor ranges of the test circuit	81
Table 22 – Ratio between service short-circuit capacity (I_{cs}) and rated short-circuit capacity (I_{cn}) – (factor k)	85
Table 23 – Test procedure for I_{cs} in the case of single- and two-pole RCBOs	86
Table 24 – Test procedure for I_{cs} in the case of three- and four-pole RCBOs	86
Table 25 – Test procedure for I_{cn}	87
~~Table 26 – Tripping current ranges for type A RCBOs~~	~~98~~
Table 27 – Tests ~~to be applied for EMC~~ covered by this standard	102
~~Table 28 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out.....~~	~~69~~
~~Table 29 – Tests to be carried out according to IEC 61543~~	~~102~~
Table A.1 – Test sequences.....	131
Table A.2 – Number of samples for full test procedure	134
Table A.3 – Number of samples for simplified test procedure	136
Table A.4 – Test sequences for RCBOs having different instantaneous tripping currents.....	137
Table A.5 – Test sequences for RCBOs of different classification according to 4.6	137
Table IE.1 – Test sequences during follow-up inspections	163
Table IE.2 – Number of samples to be tested	166
~~Table J.1 – Connectable conductors.....~~	~~169~~
~~Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals~~	~~170~~
~~Table J.3 – Pull forces~~	~~171~~

Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor	176
Table K.2 – Overload test forces	177
Table K.3 – Dimensions of tabs.....	178
Table K.4 – Dimensions of female connectors	181
Table L.1 – Marking for terminals	183
Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals	184
Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals	185
Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters	185
Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents.....	186
Table L.6 – Test conductor length	187
Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions.....	187
Table L.8 – Test current as a function of rated current.....	189
Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D....	189

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RESIDUAL CURRENT OPERATED CIRCUIT-BREAKERS
WITH INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION
FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USES (RCBOs) –****Part 1: General rules****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This Consolidated version of IEC 61009-1 bears the edition number 3.2. It consists of the third edition (2010) [documents 23E/682/FDIS and 23E/686/RVD], its amendment 1 (2012) [documents 23E/741/FDIS and 23E/745/RVD] and its amendment 2 (2013) [documents 23E/796/FDIS and 23E/820/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61009-1 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- complete revision of EMC sequences, including the new test T.2.6, already approved in IEC 61543;
- clarification of RCDs current/time characteristics reported in Tables 2 and 3;
- revision of test procedure for $I_{\Delta n}$ between 5 A and 200 A;
- tests for the use of RCBOs in IT systems;
- testing procedure regarding the 6mA d.c. current superimposed to the fault current;
- improvement highlighting RCDs with multiple sensitivity;
- some alignments with IEC 60898-1.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 61009 series, under the general title *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

INTRODUCTION

This part includes definitions, requirements and tests covering all types of RCBOs. For applicability to a specific type, this part applies in conjunction with the relevant part, as follows:

Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBOs functionally independent of line voltage.

Part 2-2: Applicability of the general rules to RCBOs functionally dependent on line voltage.

RESIDUAL CURRENT OPERATED CIRCUIT-BREAKERS WITH INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USES (RCBOs) –

Part 1: General rules

1 Scope

This International Standard applies to residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection functionally independent of, or functionally dependent on, line voltage for household and similar uses (hereafter referred to as RCBOs), for rated voltages not exceeding 440 V a.c. with rated frequencies of 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz and rated currents not exceeding 125 A and rated short-circuit capacities not exceeding 25 000 A for operation at 50 Hz or 60 Hz.

These devices are intended to protect people against indirect contact, the exposed conductive parts of the installation being connected to an appropriate earth electrode and to protect against overcurrents the wiring installations of buildings and similar applications. They may be used to provide protection against fire hazards due to a persistent earth fault current, without the operation of the overcurrent protective device.

RCBOs having a rated residual operating current not exceeding 30 mA are also used as a means for additional protection in the case of failure of the protective means against electric shock.

This standard applies to devices performing simultaneously the function of detection of the residual current, of comparison of the value of this current with the residual operating value and of opening of the protected circuit when the residual current exceeds this value, and also of performing the function of making, carrying and breaking overcurrents under specified conditions.

NOTE 1 The content of the present standard related to operation under residual current conditions is based on IEC 61008-1. The content of the present standard related to protection against overcurrents is based on IEC 60898-1.

NOTE 2 RCBOs are essentially intended to be operated by uninstructed persons and designed not to require maintenance. They may be submitted for certification purposes.

NOTE 3 Installation and application rules of RCBOs are given in the IEC 60364 series.

They are intended for use in an environment with pollution degree 2.

NOTE 4 For more severe overvoltage conditions, circuit-breakers complying with other standards (e.g. IEC 60947-2) should be used.

NOTE 5 For environments with higher pollution degrees, enclosures giving the appropriate degree of protection should be used.

RCBOs of the general type are resistant to unwanted tripping, including the case where surge voltages (as a result of switching transients or induced by lightning) cause loading currents in the installation without occurrence of flashover.

RCBOs of type S are considered to be sufficiently proof against unwanted tripping even if the surge voltage causes a flashover and a follow-on current occurs.

NOTE 6 Surge arresters installed downstream of the general type of RCBOs and connected in common mode may cause unwanted tripping.

RCBOs are suitable for isolation.

RCBOs complying with this standard, with the exception of those with an uninterrupted neutral, are suitable for use in IT systems.

Special precautions (e.g. lightning arresters) may be necessary when excessive overvoltages are likely to occur on the supply side (for example in the case of supply through overhead lines) (see IEC 60364-4-44).

NOTE 7 For RCBOs having a degree of protection higher than IP20 special constructions may be required.

This standard also applies to RCBOs obtained by the assembly of an adaptable residual current device with a circuit-breaker. The mechanical assembly shall be effected in the factory by the manufacturer, or on site, in which case the requirements of Annex G shall apply. It also applies to RCBOs having more than one rated current, provided that the means for changing from one discrete rating to another is not accessible in normal service and that the rating cannot be changed without the use of a tool.

Supplementary requirements may be necessary for RCBOs of the plug-in type.

Particular requirements are necessary for RCBOs incorporated in or intended only for association with plugs and socket-outlets or with appliance couplers for household and similar general purposes and if intended to be used at frequencies other than 50 Hz or 60 Hz.

~~NOTE 8 For the time being, for RCBOs incorporated in, or intended only for plugs and socket-outlets, the requirements of this standard in conjunction with the requirements of IEC 60884-1 may be used, as far as applicable.~~

For RCBOs incorporated in, or intended only for association with socket-outlets, the requirements of this standard may be used, as far as applicable, in conjunction with the requirements of IEC 60884-1 or the national requirements of the country where the product is placed on the market.

NOTE 8 Residual current-operated protective devices (RCDs) incorporated in, or intended only for association with socket-outlets, can either meet IEC 62640 or this standard.

NOTE 9 In DK, plugs and socket-outlets shall be in accordance with the requirements of the heavy current regulations section 107.

NOTE 10 In the UK, the plug part associated with an RCBO shall comply with BS 1363-1 and the socket-outlet(s) associated with an RCBO shall comply with BS 1363-2. In the UK, the plug part and the socket-outlet(s) associated with an RCBO need not comply with any IEC 60884-1 requirements.

This standard does not apply to:

- RCBOs intended to protect motors;
- RCBOs the current setting of which is adjustable by means accessible to the user in normal service.

The requirements of this standard apply for normal environmental conditions (see 7.1). Additional requirements may be necessary for RCBOs used in locations having severe environmental conditions.

RCBOs including batteries are not covered by this standard.

A guide for the coordination of RCBOs with fuses is given in Annex F.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

~~IEC 60051 (all parts), Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories~~

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2:1994, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 h cycle)*

IEC 60068-3-4: 2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems¹*

IEC 60364-5-53:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing /hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60898-1:2002, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

¹ A third edition is currently in preparation.

IEC 61543:1995, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

Amendment 1:2004

Amendment 2:2005

CISPR 14-1:2009, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply r.m.s. values, unless otherwise specified.

NOTE 1 Reference to IEV definitions is also made when the terms "device" or "mechanical switching device" are replaced by the term "RCBO".

NOTE 2 For a glossary of symbols see Annex IB.

3.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth

3.1.1

earth fault current

current flowing to earth due to an insulation fault

3.1.2

earth leakage current

current flowing from the live parts of the installation to earth in the absence of an insulation fault

3.1.3

pulsating direct current

current of pulsating wave form which assumes, in each period of the rated power frequency, the value 0 or a value not exceeding 0,006 A d.c. during one single interval of time, expressed in angular measure, of at least 150°

3.1.4

current delay angle α

time, expressed in angular measure, by which the starting instant of current conduction is delayed by phase control

3.2 Definitions relating to the energization of a residual current circuit-breaker

3.2.1

energizing quantity

electrical excitation quantity which, alone or in combination with other such quantities, shall be applied to an RCBO to enable it to accomplish its function under specified conditions

3.2.2

energizing input-quantity

energizing quantity by which the RCBO is activated when it is applied under specified conditions

NOTE These conditions may involve, for example, the energizing of certain auxiliary elements.

3.2.3 residual current

I_{Δ}

vector sum of the instantaneous values of the current flowing in the main circuit of the RCBO (expressed as r.m.s. value)

3.2.4 residual operating current

value of residual current which causes the RCBO to operate under specified conditions

3.2.5 residual non-operating current

value of residual current at and below which the RCBO does not operate under specified conditions

3.2.6 residual current ($I_{\Delta t}$) of an RCBO

value of residual current which is the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C or D (see footnote c of Table 2)

3.3 Definitions relating to the operation and functions of residual current circuit-breakers

3.3.1 switching device

device designed to make or break the current in one or more electric circuits

[IEV 441-14-01:1984]

3.3.2 mechanical switching device

switching device designed to close and open one or more electric circuits by means of separable contacts

[IEV 441-14-02: 1984, modified]

3.3.3 fuse

switching device that, by the melting of one or more of its specially designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when it exceeds a given value for a sufficient time. The fuse comprises all the parts that form the complete device

[IEV 441-18-01:1984, modified]

3.3.4 circuit-breaker

mechanical switching device, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions and also making, carrying for a specified time and (automatically) breaking currents under specified abnormal conditions such as those of short-circuit

[IEV 441-14-20:1984, modified]

3.3.5 residual current operated circuit-breaker

mechanical switching device designed to make, carry and break currents under normal service conditions and to cause the opening of the contacts when the residual current attains a given value under specified conditions

3.3.6

residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection

RCCB

residual current operated circuit-breaker not designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

3.3.7

residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection

RCBO

residual current operated circuit-breaker designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

3.3.8

RCBOs functionally independent of line voltage

RCBOs for which the functions of detection, evaluation and interruption do not depend on the line voltage

NOTE These devices are defined in 2.3.2 of IEC/TR 60755:1983 as residual current devices without auxiliary source.

3.3.9

RCBOs functionally dependent on line voltage

RCBOs for which the functions of detection, evaluation or interruption depend on the line voltage

NOTE 1 This definition covers partially the definition of residual current devices with auxiliary source of 2.3.3 of IEC 60755:1983.

NOTE 2 It is understood that the line voltage is applied to the RCBO, for detection, evaluation or interruption.

3.3.10

break time of an RCBO

time which elapses between the instant when the residual operating current is suddenly attained and the instant of arc extinction in all poles

3.3.11

limiting non-actuating time

maximum delay during which a value of residual current higher than the residual non-operating current can be applied to the RCBO without causing it to operate

3.3.12

time-delay RCBO

RCBO specially designed to attain a pre-determined value of limiting non-actuating time, corresponding to a given value of residual current

3.3.13

closed position

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the RCBO is secured

[IEV 441-16-22]

3.3.14

open position

position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the RCBO is secured

[IEV 441-16-23]

3.3.15

pole

that part of an RCBO associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit provided with contacts intended to connect and disconnect the main circuit itself and excluding those portions which provide a means for mounting and operating the poles together

3.3.15.1

overcurrent protected pole

pole provided with an overcurrent release, hereafter referred to as protected pole

3.3.15.2

overcurrent unprotected pole

pole without an overcurrent release, but otherwise generally capable of the same performance as a protected pole of the same RCBO, hereafter referred to as unprotected pole

NOTE 1 To ensure this requirement, the unprotected pole may be of the same construction as the protected pole(s), or of a particular construction.

NOTE 2 If the short-circuit capacity of the unprotected pole is different from that of the protected pole(s), this should be indicated by the manufacturer.

3.3.15.3

switched neutral pole

pole only intended to switch the neutral and not intended to have a short-circuit capacity

3.3.16

uninterrupted neutral

current path, not interrupted and not protected against overcurrents, intended to be connected to the neutral conductor of the installation

3.3.17

main circuit (of an RCBO)

all the conductive parts of an RCBO included in the current paths (see 4.3)

3.3.18

control circuit (of an RCBO)

circuit (other than a path of the main circuit) intended for the closing operation or the opening operation, or both, of the RCBO

NOTE The circuits intended for the test device are included in this definition.

3.3.19

auxiliary circuit (of an RCBO)

all the conductive parts of an RCBO which are intended to be included in a circuit other than the main circuit and the control circuit of the RCBO

[IEV 441-15-04]

3.3.20

RCBO type AC

RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising

3.3.21

RCBO type A

RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents, whether suddenly applied or slowly rising

3.3.22

test device

device incorporated in the RCBO simulating the residual current conditions for the operation of the RCBO under specified conditions

3.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities

3.4.1

rated value

quantity value assigned by the manufacturer, for a specific operating condition of an RCBO

3.4.2

overcurrent

any current exceeding the rated current

3.4.2.1

overload current

overcurrent occurring in an electrically undamaged circuit

NOTE An overload current may cause damage if sustained for a sufficient time.

3.4.2.2

short-circuit current

overcurrent resulting from a fault of negligible impedance between points intended to be at different potentials in normal service

NOTE A short-circuit current may result from a fault or from an incorrect connection.

3.4.3

prospective current

current that would flow in the circuit, if each main current path of the RCBO and of the overcurrent protective device (if any) were replaced by a conductor of negligible impedance

NOTE The prospective current may be qualified in the same manner as an actual current, for example: prospective breaking current, prospective peak current, prospective residual current, etc.

3.4.4

prospective peak current

peak value of a prospective current during the transient period following initiation

NOTE The definition assumes that the current is made by an ideal RCBO, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, for example polyphase circuits, it further assumes that the current is established simultaneously in all poles, even if the current only in one pole is considered.

3.4.5

maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)

prospective peak current, when the initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

NOTE For a multipole circuit-breaker in a polyphase circuit, the maximum prospective peak current refers to a single pole only.

3.4.6

short-circuit (making and breaking) capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its r.m.s. value, which the RCBO is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

3.4.6.1

ultimate short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence do not include the capability of the RCBO to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.4.6.2

service short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence include the capability of the RCBO to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.4.7

breaking current

current in a pole of an RCBO at the instant of initiation of the arc during a breaking process

[IEV 441-17-07:1984, modified]

NOTE For a.c., reference is made to the r.m.s. value.

3.4.8

applied voltage

voltage which exists across the terminals of a pole of an RCBO just before the making of the current

[IEV 441-17-24:1984]

NOTE This definition refers to a single-pole RCBO. For a multipole RCBO, the applied voltage is the voltage across the supply terminals of the RCBO.

3.4.9

recovery voltage

voltage which appears across the terminals of a pole of an RCBO after the breaking of the current

[IEV 441-17-25:1984]

NOTE 1 This voltage may be considered as comprising two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which power-frequency voltage alone exists.

NOTE 2 This definition refers to a single-pole RCBO. For a multipole RCBO, the recovery voltage is the voltage across the supply terminals of the RCBO.

3.4.9.1

transient recovery voltage

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

NOTE The transient voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit and of the RCBO. It includes the voltage shift of the neutral of a polyphase circuit.

[IEV 441-17-26:1984, modified]

3.4.9.2

power-frequency recovery voltage

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[IEV 441-17-27:1984]

3.4.10**opening time**

time measured from the instant at which, the RCBO being in the closed position, the current in the main circuit reaches the operating value of the overcurrent release to the instant when the arcing contacts have separated in all poles

NOTE The opening time is commonly referred to as tripping time, although, strictly speaking, tripping time applies to the time between the instant of initiation of the opening time and the instant at which the opening command becomes irreversible.

3.4.11**Definitions relating to arcing time****3.4.11.1****arcing time of a pole**

interval of time between the instant of initiation of the arc in a pole and the instant of final arc extinction in that pole

[IEV 441-17-37, modified]

3.4.11.2**arcing time of a multipole RCBO**

interval of time between the instant of first initiation of the arc and the instant of final arc extinction in all poles

[IEV 441-17-38]

3.4.12**break time** (in case of overcurrent)

interval of time between the beginning of the opening time of an RCBO and the end of the arcing time, in case of overcurrent

[IEV 441-17-39:1984, modified]

3.4.13 **I^2t (Joule integral)**

integral of the square of the current over a given time interval (t_0 , t_1):

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

[IEV 441-18-23:1984]

3.4.14 **I^2t characteristic of an RCBO**

curve giving the maximum value of I^2t as a function of the prospective current under stated conditions of operation

3.4.15**Coordination between overcurrent protective devices in series****3.4.15.1****selectivity-limit current**

I_s

current coordinate of the intersection between the maximum break-time current characteristic of the protective device on the load side and the pre-arcing (for fuses) or tripping (for circuit-breakers) time-current characteristic of the other protective device

NOTE 1 The selectivity-limit current is a limiting value of current:

- below which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device on the load side completes its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is ensured);
- above which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device on the load side may not complete its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is not ensured).

NOTE 2 I^2t characteristics may be used instead of time-current characteristics.

3.4.15.2 **take-over current**

I_B

current coordinate of the intersection between the maximum break time-current characteristics of two overcurrent protective devices

NOTE 1 The take-over current is a limiting value of current above which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device generally, but not necessarily, on the supply side, provides back-up operation for the other protective device.

NOTE 2 I^2t characteristics may be used instead of time-current characteristics.

3.4.16 **conventional non-tripping current**

I_{nt}

specified value of current which the RCBO can carry for a specified time (conventional time) without operating

[IEV 441-17-22 :1984]

3.4.17 **conventional tripping current**

I_t

specified value of current which causes the RCBO to operate within a specified time (conventional time)

3.4.18 **instantaneous tripping current**

minimum value of current which causes the circuit-breaker to operate automatically without intentional time-delay

3.4.19 **non-operating overcurrents in the main circuit**

NOTE In the case of overcurrent in the main circuit, in the absence of residual current, operation of the detecting device may occur as a consequence of asymmetry existing in the detecting device itself.

3.4.19.1
limiting value of overcurrent in case of a load through an RCBO with two current paths
maximum value of overcurrent of a load which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through an RCBO with two current paths without causing it to operate

3.4.19.2
limiting value of overcurrent in case of a single phase load through a three-pole or four-pole RCBO
maximum value of a single phase overcurrent which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through a three-pole or a four-pole RCBO without causing it to operate

3.4.20 **residual making and breaking capacity**

value of the a.c. component of a residual prospective current which an RCBO can make, carry for its opening time and break under specified conditions of use and behaviour

3.4.21

limiting values (U_x and U_y) of the line voltage for RCBOs functionally dependent on line voltage

3.4.21.1

U_x

minimum value of the line voltage at which an RCBO functionally dependent on line voltage still operates under specified conditions in case of decreasing line voltage (see 9.17.1)

3.4.21.2

U_y

minimum value of the line voltage below which an RCBO functionally dependent on line voltage opens automatically in the absence of any residual current (see 9.17.2)

3.5 Definitions relating to values and ranges of influencing quantities**3.5.1**

influencing quantity

any quantity likely to modify the specified operation of an RCBO

3.5.2

reference value of an influencing quantity

value of an influencing quantity to which the characteristics stated by the manufacturer are referred

3.5.3

reference conditions of influencing quantities

collectively, the reference values of all influencing quantities

3.5.4

range of an influencing quantity

range of values of an influencing quantity which permits the RCBO to operate under specified conditions, the other influencing quantities having their reference values

3.5.5

extreme range of an influencing quantity

range of values of an influencing quantity within which the RCBO suffers only spontaneously reversible changes, although not necessarily complying with any requirements

3.5.6

ambient air temperature

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the RCBO

NOTE For RCBOs installed inside an enclosure, it is the temperature of the air outside the enclosure.

[IEV 441-11-13]

3.5.7

reference ambient air temperature

ambient air temperature on which the time-overcurrent characteristics are based

3.6 Definitions relating to terminals**3.6.1**

terminal

conductive part of an RCBO, provided for re-usable electrical connection to external circuits

3.6.2

screw-type terminal

terminal for the connection and subsequent disconnection of one conductor or the interconnection of two or more conductors capable of being dismantled, the connections being made, directly or indirectly, by means of screws or nuts of any kind

3.6.3

pillar terminal

screw-type terminal in which the conductor is inserted into a hole or cavity, where it is clamped under the shank of the screw(s)

NOTE 1 The clamping pressure may be applied directly by the shank of the screw or by an intermediate clamping element to which pressure is applied by the shank of the screw.

NOTE 2 Examples of pillar terminals are shown in Figure IC.1 of Annex IC.

3.6.4

screw terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under the head of the screw. The clamping pressure may be applied directly by the head of the screw or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device

NOTE Examples of screw terminals are shown in Figure IC.2a of Annex IC.

3.6.5

stud terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a nut

NOTE 1 The clamping pressure may be applied directly by a suitably shaped nut or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device.

NOTE 2 Examples of stud terminals are shown in Figure IC.2b.

3.6.6

saddle terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a saddle by means of two or more screws or nuts

NOTE Examples of saddle terminals are shown in Figure IC.3.

3.6.7

lug terminal

screw terminal or a stud terminal, designed for clamping a cable lug or a bar by means of a screw or nut

NOTE Examples of lug terminals are shown in Figure IC.4.

3.6.8

screwless terminal

connecting terminal for the connection and subsequent disconnection of one conductor or the dismantlable interconnection of two or more conductors capable of being dismantled, the connection being made, directly or indirectly, by means of springs, wedges, eccentrics or cones, etc., without special preparation of the conductor other than removal of insulation

3.6.9

tapping screw

screw manufactured from a material having high resistance to deformation, when applied by rotary insertion to a hole in a material having less resistance to deformation than the screw

NOTE The screw is made with a tapered thread, the taper being applied to the core diameter of the thread at the end section of the screw. The thread produced by application of the screw is formed securely only after sufficient revolutions have been made to exceed the number of threads on the tapered section.

3.6.10

thread forming tapping screw

tapping screw having an uninterrupted thread

NOTE 1 It is not a function of this thread to remove material from the hole.

NOTE 2 An example of a thread forming tapping screw is shown in Figure 1.

3.6.11

thread cutting tapping screw

tapping screw having an interrupted thread

NOTE 1 It is a function of this thread to remove material from the hole.

NOTE 2 An example of a thread cutting tapping screw is shown in Figure 2.

3.7 Definitions relating to conditions of operation

3.7.1

operation

transfer of the moving contact(s) from the open position to the closed position or vice versa

NOTE If distinction is necessary, an operation in the electrical sense (i.e. make or break) is referred to as a switching operation and an operation in the mechanical sense (i.e. close or open) is referred to as a mechanical operation.

3.7.2

closing operation

operation by which the RCBO is brought from the open position to the closed position

[IEV 441-16-08:1984]

3.7.3

opening operation

operation by which the RCBO is brought from the closed position to the open position

[IEV 441-16-09:1984]

3.7.4

dependent manual operation

operation solely by means of directly applied manual energy, such that the speed and force of the operation are dependent on the action of the operator

[IEV 441-16-13]

3.7.5

independent manual operation

stored energy operation where the energy originates from manual power, stored and released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

IEV 441-16-16]

3.7.6

trip-free RCBO

an RCBO, the moving contacts of which return to and remain in the open position when the (automatic) opening operation is initiated after the initiation of the closing operation, even if the closing command is maintained

NOTE To ensure proper breaking of the current which may have been established, it may be necessary that the contacts momentarily reach the closed position.

[IEV 441-16-31]

3.7.7

operating cycle

succession of operations from one position to another and back to the first position through all other positions, if any

[IEV 441-16-02]

3.7.8

sequence of operations

succession of specified operations with specified time intervals

3.7.9

uninterrupted duty

duty in which the main contacts of an RCBO remain closed whilst carrying a steady current without interruption for long periods (which could be weeks, months, or even years)

3.8 Definitions relating to constructional elements

3.8.1

main contact

contact included in the main circuit of an RCBO, intended to carry, in the closed position, the current of the main circuit

[IEV 441-15-07:1984]

3.8.2

arcing contact

contact on which the arc is intended to be initiated

NOTE An arcing contact may serve as a main contact. It may also be a separate contact so designed that it opens after and closes before another contact which it is intended to protect from damage.

3.8.3

control contact

contact included in a control circuit of an RCBO and mechanically operated by the RCBO

[IEV 441-15-09]

3.8.4

auxiliary contact

contact included in an auxiliary circuit and mechanically operated by the RCBO (e.g. for indicating the position of the contacts)

[IEV 441-15-10:1984, modified]

3.8.5

release

device, mechanically connected to (or integrated into) an RCBO which releases the holding means and permits the automatic opening of the RCBO

[IEV 441-15-17, modified]

NOTE In the IEC definition, reference to closing is also made.

3.8.6

overcurrent release

release which permits an RCBO to open with or without time-delay when the current in the release exceeds a predetermined value

NOTE In some cases, this value may depend upon the rate of rise of current.

[IEV 441-16-33:1984]

3.8.7

inverse time-delay overcurrent release

overcurrent release which operates after a time-delay inversely dependent upon the value of the overcurrent

NOTE Such a release may be designed so that the time-delay approaches a definite minimum for high values of overcurrent.

[IEV 441-16-35:1984]

3.8.8

direct overcurrent release

overcurrent release directly energized by the current in the main circuit of an RCBO

[IEV 441-16-36:1984]

3.8.9

overload release

overcurrent release intended for protection against overloads

[IEV 441-16-38:1984]

3.8.10

conductive part

part which is capable of conducting current, although it may not necessarily be used for carrying service current

[IEV 441-11-09:1984]

3.8.11

exposed conductive part

conductive part which can be readily touched and which normally is not live, but which may become live under fault conditions

[IEV 441-11-10:1984]

3.9 Definitions relating to tests

3.9.1

type test

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain requirements

3.9.2

routine test

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

3.10 Definitions relating to insulation coordination

3.10.1

insulation coordination

mutual correlation of insulation characteristics of electrical equipment taking into account the expected micro-environment and other influencing stresses

[IEC 60664-1:2007, definition 3.1]

3.10.2

working voltage

highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is supplied at rated voltage

NOTE 1 Transients are disregarded.

NOTE 2 Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

[IEC 60664-1:2007, definition 3.5]

3.10.3

overvoltage

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

[IEC 60664-1:2007, definition 3.7]

3.10.4

impulse withstand voltage

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown of the insulation under specific conditions

[IEC 60664-1:2007, definition 3.8.1]

3.10.5

overvoltage category

numeral defining a transient overvoltage condition

[IEC 60664-1:2007, definition 3.10]

3.10.6

macro-environment

environment of the room or other location, in which the equipment is installed or used

[IEC 60664-1:2007, definition 3.12.1]

3.10.7

micro-environment

immediate environment of the insulation which particularly influences the dimensioning of the creepage distances

[IEC 60664-1:2007, definition 3.12.2]

3.10.8

pollution

any addition of foreign matter, solid, liquid or gaseous that can result in a reduction of electric strength or surface resistivity of the insulation

[IEC 60664-1:2007, definition 3.11]

3.10.9

pollution degree

numeral characterizing the expected pollution of the micro-environment

[IEC 60664-1:2007, definition 3.13]

NOTE The pollution degree to which equipment is exposed may be different from that of the macro-environment where the equipment is located because of protection offered by means such as an enclosure or internal heating to prevent absorption or condensation of moisture.

3.10.10

isolation (isolating function)

function intended to cut off the supply from the whole installation or a discrete section of it by separating it from every source of electrical energy for reasons of safety

[IEC 60947-1:2007, definition 2.1.19, modified]

3.10.11

isolating distance

clearance between open contacts, meeting the safety requirements specified for isolation purposes

[IEV 441-17-35:1984, modified]

3.10.12

clearance

shortest distance in air between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[IEV 441-17-31, modified]

NOTE 1 For the purpose of determining a clearance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure should be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 3.

NOTE 2 See also Annex B.

3.10.13

creepage distance

shortest distance along the surface of an insulating material between two conductive parts

[IEV 604-03-61:1987, modified]

NOTE 1 For the purpose of determining a creepage distance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure should be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 3.

NOTE 2 See also Annex B.

4 Classification

RCBOs are classified in the following 12 ways:

4.1 According to the method of operation

NOTE The selection of the various types is made according to the requirements of IEC 60364-5-53.

4.1.1 RCBO functionally independent of line voltage (see 3.3.8)

4.1.2 RCBO functionally dependent on line voltage (see 3.3.9)

4.1.2.1 Opening automatically in case of failure of the line voltage, without or with delay (see 8.12):

- a) reclosing automatically when the line voltage is restored;
- b) not reclosing automatically when the line voltage is restored.

4.1.2.2 Not opening automatically in case of failure of the line voltage:

- a) able to trip in case of a hazardous situation (e.g. due to an earth fault), arising on failure of the line voltage (requirements under consideration);

- b) not able to trip in case of a hazardous situation (e.g. due to an earth fault), arising on failure of line voltage.

NOTE The selection of the RCBOs in b) is subject to the conditions of 531.2.2.2 of IEC 60364-5-53:2001.

4.2 According to the type of installation

- RCBO for fixed installation and fixed wiring;
- RCBO for mobile installation and corded connection (of the device itself to the supply).

4.3 According to the number of poles and current paths

- single-pole RCBO with one overcurrent protected pole and uninterrupted neutral (see 3.3.16) (two current paths);
- two-pole RCBO with one overcurrent protected pole;
- two-pole RCBO with two overcurrent protected poles;
- three-pole RCBO with three overcurrent protected poles;
- three-pole RCBO with three overcurrent protected poles and uninterrupted neutral (four current paths);
- four-pole RCBO with three overcurrent protected poles;
- four-pole RCBO with four overcurrent protected poles.

NOTE The pole which is not an overcurrent protected pole (see 3.3.15.1) may be:

- "unprotected" (see 3.3.15.2), or
- "switched neutral" (see 3.3.15.3).

4.4 According to the possibility of adjusting the residual operating current

- RCBO with a single value of rated residual operating current;
- RCBO with multiple settings of residual operating current by fixed steps (see 5.2.3).

4.5 According to resistance to unwanted tripping due to voltage surges

- RCBOs with normal resistance to unwanted tripping (general type as in Table 2, and Table 3 if applicable);
- RCBOs with increased resistance to unwanted tripping (S type as in Table 2, and Table 3 if applicable).

4.6 According to behaviour in presence of d.c. components

- RCBOs of type AC;
- RCBOs of type A.

4.7 According to time-delay (in presence of a residual current)

- RCBO without time-delay: type for general use;
- RCBO with time-delay: type S for selectivity.

4.8 According to the protection against external influences

- enclosed-type RCBO (not requiring an appropriate enclosure);
- unenclosed-type RCBO (for use with an appropriate enclosure).

4.9 According to the method of mounting

- surface-type RCBO;
- flush-type RCBO;
- panel board type RCBO, also referred to as distribution board type.

NOTE These types may be intended to be mounted on rails.

4.10 According to the method of connection

- ~~— RCBOs the connections of which are not associated with the mechanical mounting;~~
- ~~— RCBOs the connections of which are associated with the mechanical mounting, for example:~~
 - ~~• plug-in type;~~
 - ~~• bolt-on type.~~

~~NOTE Some RCBOs may be of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.~~

- ~~– RCBOs, the electrical connections which are not associated with the mechanical mounting;~~
- ~~– RCBOs, the electrical connections which are associated with the mechanical mounting.~~

~~NOTE Examples of this type are:~~

- ~~– plug-in type;~~
- ~~– bolt-on type;~~
- ~~– screw-in type.~~

~~Some RCBOs may be of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.~~

4.11 According to the instantaneous tripping current (see 3.4.18)

- B-type RCBO;
- C-type RCBO;
- D-type RCBO.

4.12 According to the I^2t characteristic

In addition to the I^2t characteristic to be provided by the manufacturer in accordance with Clause 5, RCBOs may be classified according to their I^2t characteristic.

4.13 According to the type of terminals

- RCBOs with screw-type terminals for external copper conductors;
- RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors;

NOTE 1 The requirements for RCBOs equipped with these types of terminals are given in Annex J.

- RCBOs with flat quick-connect terminals for external copper conductors;

NOTE 2 The requirements for RCBOs equipped with these types of terminals are given in Annex K.

- RCBOs with screw-type terminals for external aluminium conductors.

NOTE 3 The requirements for RCBOs equipped with this type of terminal are given in Annex L.

5 Characteristics of RCBOs

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of an RCBO shall be stated in the following terms:

- type of installation (see 4.2);
- number of poles and current paths (see 4.3);
- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated residual operating current $I_{\Delta n}$ (see 5.2.3);
- rated residual non-operating current $I_{\Delta no}$ (see 5.2.4);
- rated voltage U_n (see 5.2.1);
- rated frequency (see 5.2.5);
- rated short-circuit capacity I_{cn} (see 5.2.6);
- rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$ (see 5.2.7);
- time-delay, if applicable (see 5.2.8);
- operating characteristics in case of residual currents with d.c. components (see 5.2.9);
- method of mounting (see 4.9);
- method of connection (see 4.10);
- range of instantaneous tripping overcurrent (see 4.11);
- I^2t classification (see 4.12);
- degree of protection (see IEC 60529).

For RCBOs functionally dependent on line voltage:

- behaviour of the RCBO in case of failure of line voltage (see 4.1.2).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_e)

The rated operational voltage (hereafter referred to as "rated voltage") of an RCBO is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

NOTE The same RCBO may be assigned a number of rated voltages and associated rated short-circuit capacities.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an RCBO is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the RCBO. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage of an RCBO shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage given in Table 5.

5.2.2 Rated current (I_n)

A current assigned by the manufacturer as the current which the RCBO can carry in uninterrupted duty (see 3.7.9), at a specified reference ambient air temperature.

The standard reference ambient air temperature is 30 °C. If a different reference ambient air temperature for the RCBO is used, the effect on the overload protection of cables shall be taken into account, since this is also based on a reference ambient air temperature of 30 °C, according to installation rules (see Clause 523 of IEC 60364-5-52:2001).

5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

The value of residual operating current (see 3.2.4), assigned to the RCBO by the manufacturer, at which the RCBO shall operate under specified conditions.

For an RCBO having multiple settings of residual operating current, the highest setting is used to designate it.

RCBOs with continuously adjustable settings are not allowed.

5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The value of residual non-operating current (3.2.5), assigned to the RCBO by the manufacturer, at which the RCBO does not operate under specified conditions.

5.2.5 Rated frequency

The rated frequency of an RCBO is the power frequency for which the RCBO is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

NOTE The same RCBO may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.6 Rated short-circuit capacity (I_{cn})

The rated short-circuit capacity of an RCBO is the value of the ultimate short-circuit breaking capacity (see 3.4.6.1) assigned to that RCBO by the manufacturer.

NOTE An RCBO having a given rated short-circuit capacity I_{cn} has a corresponding service short-circuit capacity (I_{cs}) (see Table 22).

5.2.7 Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The r.m.s. value of the a.c. component of residual prospective current (3.2.3 and 3.4.3), assigned by the manufacturer, which an RCBO can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.12.13.

5.2.8 RCBO type S

A time-delay RCBO (see 3.3.12) which complies with the relevant part of Table 2 and Table 3 if applicable.

5.2.9 Operating characteristics in case of residual currents with d.c. components**5.2.9.1 RCBO type AC**

An RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.9.2 RCBO type A

An RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.3 Standard and preferred values**5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)**

Preferred values of rated voltage are as follows:

RCBOs	Circuit supplying the RCBOs	Rated voltage of RCBOs for use in systems 230 V or 230/400 V or 400 V V	Rated voltage of RCBOs for use in systems 120/240 V or 240 V V
Single pole (with two current paths)	Single-phase (phase to earthed middle conductor or phase to neutral)	230	120
Two-pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase or phase to earthed middle conductor)	230	120
	Single phase (phase to phase)	400	240
	Single phase (phase to phase, 3-wire)		120/240
	Three phase (4-wire) (230/400 V-system phase to neutral or 230 V-system phase to phase)	230	
Three-pole (with three or four current path)	Three phase (3-wire or 4-wire) (400 V or 230/400 V or 240 V-system)	400	240
Four-pole	Three phase (4-wire) (230/400 V-system)	400	
NOTE 1 In IEC 60038 the network voltage value of 230/400 V has been standardized. This value should progressively supersede the values of 220/380V and 240/415 V. NOTE 2 Wherever in this standard there is a reference to 230 V or 400 V, they may be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively. NOTE 3 Wherever in this standard there is a reference to 120 V or 120/240 V or 240 V, they may be read as 100 V or 100/200 V or 200 V, respectively. NOTE 4 Wherever in this standard there is a reference to 240 V three phases, it may be read as 100 V or 120/208 V.			

NOTE In Japan phase to neutral conductor and phase to earthed conductor (grounded conductor) is thought differently because single phase 2-wire system supplied from 2-wire system source do not have neutral point.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

Preferred values of rated current are:

6 – 8 – 10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 A.

5.3.3 Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

Standard values of rated residual operating current are:

0,006 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 A.

NOTE In KR and Japan, the values of 0,015 A, 0,2 A and 1 A are also considered as standard values.

5.3.4 Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The standard value of residual non-operating current is 0,5 $I_{\Delta n}$.

NOTE For residual pulsating direct currents, residual non-operating currents depend on the current delay angle α (see 3.1.4).

5.3.5 Standard values of rated frequency

Preferred values of rated frequency are: 50 Hz, 60 Hz and 50/60 Hz.

5.3.6 Values of rated short-circuit capacity**5.3.6.1 Standard values up to and including 10 000 A**

Standard values of rated short-circuit capacities up to and including 10 000 A are given in Table 1.

Table 1 – Standard values of rated short-circuit capacity

1 500 A
3 000 A
4 500 A
6 000 A
10 000 A

NOTE The values of 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A and 9 000 A are also considered as standard in some countries.

The corresponding ranges of power factor are given in 9.12.5.

5.3.6.2 Values above 10 000 A up to and including 25 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A preferred values are 15 000 A and 20 000 A.

The corresponding range of power factor is given in 9.12.5.

5.3.7 Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$) is $10 I_n$ or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are specified in Table 21.

5.3.8 Limiting values of break time and non-actuating time for RCBO of type AC and A**5.3.8.1 Limiting values of break time and non-actuating time for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A**

**Table 2 – Limiting values of break time and non-actuating time
for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A RCBO**

			Limiting values of break time and non-actuating time (s) for type AC and A RCBOs in event of alternating residual currents (r.m.s. values) equal to						
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ or $0,25 A^a$	$5 A - 200 A, 500 A^b$	$I_{\Delta t}^c$	
General	Any	<0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Maximum break times
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S	≥25	>0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Minimum ~~non-operating~~ non-actuating times
		>0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

^a Value to be decided by the manufacturer for this test.

^b The tests are only made during the verification of the correct operation as mentioned in 9.9.12 d) but in any case values exceeding the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range are not tested.

^c The test is made with a current $I_{\Delta t}$ equal to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C or D, as applicable. For the tests of 9.9.1.3 and 9.9.1.4 b), the current $I_{\Delta t}$ is established so that the vector sum $I_{\Delta t} + I_n$ is equal to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range, according to type B, C or D, as applicable.

NOTE In the US, where the tripping times are specifically related to current, the following formulas apply:

$$T = \left(\frac{20}{I} \right)^{1,43}$$

for high-resistance faults and

$$T = 125 \left(\frac{10}{V} \right)^{1,43}$$

for low resistance faults.

**5.3.8.2 Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values)
for type A**

Table 3 – Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values) for type A RCBO

			Maximum values of break time and non-actuating time (s) for type A RCBOs in the event of half-wave pulsating residual currents (r.m.s. values) equal to							
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5 A	350 A ^a
General	Any	<0,03		0,3		0,15			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		>0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S	≥25	>0,03	0,5		0,2		0,15			0,15
^a This value shall be limited to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping ranges according to type B, C or D, as applicable.										

5.3.9 Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping

Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping are given in Table 4.

Table 4 – Ranges of overcurrent instantaneous tripping

Type	Range
B	Above $3 I_n$ up to and including $5 I_n$
C	Above $5 I_n$ up to and including $10 I_n$
D	Above $10 I_n$ up to and including $20 I_n$ ^a
^a For special cases values up to $50 I_n$ may also be used.	

5.3.10 Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 5 gives the standard values of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 5 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 19.		
NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 28.		
^a The values 3 kV and 5 kV, respectively are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Tables 7 and 28).		
^b For installation practice in Japan.		
^c For installation practice in North American countries.		

6 Marking and other product information

Each RCBO shall be marked in a durable manner with all or, for small apparatus, part of the following data:

- a) manufacturer's name or trade mark;
- b) type designation, catalogue number or serial number;
- c) rated voltage(s);
- d) rated current without symbol "A", preceded by the symbol of overcurrent instantaneous tripping (B, C or D), for example B 16;
- e) rated frequency; RCBOs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly;
- f) rated residual operating current;
- g) settings of residual operating current for RCBOs with multiple residual operating currents;
- h) rated short-circuit capacity, in amperes;
- j) reference calibration temperature, if different from 30 °C;
- k) the degree of protection (only if different from IP 20);
- l) the position of use ~~(symbol according to IEC 60051)~~, if necessary;
- m) rated residual making and breaking capacity, if different from rated short-circuit capacity;
- n) the symbol  (S in a square) for type S devices;
- o) indication that the RCBO is functionally dependent on line voltage, if applicable (under consideration);
- p) operating means of the test device, by the letter T;
- q) wiring diagram;
- r) operating characteristic in presence of residual currents with d.c. components
 - RCBOs of type AC with the symbol  (IEC 60417-5032-2002-10)
 - RCBOs of type A with the symbol. 
- s) for type D RCBOs: the maximum instantaneous tripping current, if higher than 20 I_n (see Table 4).

The marking shall be on the RCBO itself or on a nameplate or nameplates attached to the RCBO and shall be located so that it is legible when the RCBO is installed.

The suitability for isolation, which is provided by all RCBOs of this standard, may be indicated by the symbol  on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions.

NOTE 1 In Australia, this marking on the circuit-breaker is mandatory but is not required to be visible after installation.

When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), combination with symbols of other functions is not allowed.

If a degree of protection higher than IP20 is marked on the device, it shall comply with it, whichever the method of installation. If the higher degree of protection is obtained only by a specific method of installation and/or with the use of specific accessories (e.g. terminal covers, enclosures, etc.), this shall be specified in the manufacturer's literature.

If, for small devices, the space available does not allow all the above data to be marked, at least the information under d), f), n), p) and r) (only for type A) shall be marked and visible

when the device is installed. The information under a), b), c), h), ~~l)~~, ~~r)~~ (only for type AC) and s) may be marked on the side or on the back of the device and be visible only before the device is installed. The information under ~~r)~~ q) may be on the inside of any cover which has to be removed in order to connect the supply wires. Any remaining information not marked shall be given in the manufacturer's catalogues.

For RCBOs other than those operated by means of push-button, the open position shall be indicated by the symbol "O" and the closed position by the symbol "|" (a short straight line).

Additional national symbols are allowed for this indication. Provisionally, the use of national indications only is allowed. These indications shall be readily visible when the RCBO is installed.

For RCBOs operated by means of two push-buttons, the push-button designed for the opening operation only shall be red and/or be marked with the symbol "O".

RED shall not be used for any other push-button of the RCBO.

If a push-button is used for closing the contacts and is evidently identified as such, its depressed position is sufficient to indicate the closed position.

If a single push-button is used for closing and opening the contacts and is identified as such, the button remaining in its depressed position is sufficient to indicate the closed position. On the other hand, if the button does not remain depressed, an additional means indicating the position of the contacts shall be provided.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by "line" and "load" placed near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

Terminals exclusively intended for the connection of the neutral ~~circuit~~ conductor shall be indicated by the letter N.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol



(IEC 60417-5019-2006-08).

NOTE 2 The symbol  (IEC 60417-5017-2006-08), previously recommended, shall be progressively superseded by the preferred symbol IEC 60417-5019, given above.

Marking shall be indelible, easily legible and not be placed on screws, washers or other removable parts.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3.

For universal terminals (for rigid-solid, rigid-stranded and flexible conductors):

– no marking.

For non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors only shall be marked by the letters "s" or "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors only shall be marked by the letter "r".

The markings should appear on the RCBO or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

RCBOs complying with this standard shall be capable of operating under the standard conditions shown in Table 6.

Table 6 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances (see note 6)
Ambient temperature (see notes 1 and 7)	-5 °C to +40 °C (see note 2)	20 °C	± 5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value at 40°C	50 % (see note 3)		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	(see note 4)
Position	As stated by the manufacturer with a tolerance of 2° in any direction (see note 5)	As stated by the manufacturer	2° in any direction
Frequency	Reference value ± 5 % (see note 6)	Rated value	± 2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
NOTE 1 The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. NOTE 2 Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. NOTE 3 Higher relative humidities are admitted at lower temperatures (for example 90 % at 20 °C). NOTE 4 When an RCBO is installed in proximity to a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. NOTE 5 The device should be fixed in such a way that it does not cause deformation liable to impair its functions. NOTE 6 The tolerance given apply unless otherwise specified in the relevant test. NOTE 7 Extreme limits of -20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation, and should be taken into account in the design of the device.			

7.2 Conditions of installation

RCBOs shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

RCBOs complying with this standard are intended for environment with pollution degree 2, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

8.1.1 General

RCBOs shall be designed and constructed so that, in normal use, their use is safe and without danger to the user or to the environment.

The residual current detection and the residual current release shall be located between the incoming and outgoing terminals of the RCBO.

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the RCBO by means of external interventions other than those specifically intended for changing the setting of the residual operating current.

Changing from one setting to another shall not be possible without a tool. It shall not be possible to disable or inhibit the RCBO function by any means.

NOTE In Australia, Germany, Denmark, Italy, the UK and Switzerland, multiple settings are not allowed.

In case of an RCBO having multiple settings of residual operating current, the rating refers to the highest setting.

8.1.2 Mechanism

The moving contacts of all poles of multipole RCBOs shall be mechanically coupled so that all poles, except the switched neutral, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

The switched neutral pole (see 3.3.15.3) of four-pole RCBOs shall not close after and shall not open before the other poles.

Compliance is checked by inspection and by manual tests, using any appropriate means (example: indicator lights, oscilloscope, etc.).

If a pole having an appropriate short-circuit making and breaking capacity is used as a neutral pole and the RCBO has an independent manual operation (see 3.7.5), then all poles, including the neutral pole, may operate substantially together.

RCBOs shall have a trip-free mechanism.

It shall be possible to switch the RCBO on and off by hand. For plug-in RCBOs without an operating handle, this requirement is not considered to be met by the fact that the RCBO can be removed from its base.

RCBOs shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position (see 3.3.13) or in the open position (see 3.3.14), even when the operating means is released in an intermediate position.

RCBOs shall provide in the open position (see 3.3.14) an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function (see 8.3).

Indication of the position of the main contacts shall be provided by one or both of the following means:

- the position of the actuator (this being preferred); or
- a separate mechanical indicator.

If a separate mechanical indicator is used to indicate the position of the main contacts, this shall show the colour red for the closed position and the colour green for the open position.

NOTE 1 In the US, the colours red and green are not used for contact position indication.

The means of indication of the contact position shall be reliable.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.9.2.2.

RCBOs shall be designed so that the actuator, front plate or cover can only be correctly fitted in a manner which ensures correct indication of the contact position.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.12.12.1 and 9.12.12.2.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the operating means in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position.

NOTE 2 Locking of the operating means in the closed position is permitted for particular applications.

Compliance is checked by inspection, taking into account the instructions of the manufacturer.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up the position corresponding to that of the moving contacts; in this case, the operating means shall have two distinct rest positions corresponding to the position of the contacts but, for automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided, in which case it shall be necessary to reset the RCBO manually before reclosing is possible.

In the case of RCBOs functionally dependent on line voltage reclosing automatically (see 4.1.2.1 a)) when the line voltage is restored after failure of line voltage, the operating means shall remain in the ON position following automatic opening of the contacts; when the line voltage is re-established, the contacts shall reclose automatically unless in the meantime the operating means has been placed in the OFF position.

NOTE 3 For this type of RCBO, the operating means cannot be used as a means for indicating the closed and open positions.

When an indicator light is used, this shall be lit when the RCBO is in the closed position and be of bright colour. The indicator light shall not be the only means to indicate the closed position.

The action of the mechanism shall not be influenced by the position of enclosures or covers and shall be independent of any removable part.

A cover sealed in position by the manufacturer is considered to be a non-removable part.

If the cover is used as a guiding means for push-buttons, it shall not be possible to remove the buttons from the outside of the RCBO.

Operating means shall be securely fixed on their shafts and it shall not be possible to remove them without the aid of a tool.

Operating means directly fixed to covers are allowed. If the operating means has an "up-down" movement, when the RCBO is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

NOTE 4 Provisionally in certain countries top to bottom closing movement is allowed.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the test of 9.11.

8.1.3 Clearances and creepage distances (see also Annex B)

~~The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 7 which is based on the RCBO being designed for operating in an environment with pollution degree 2.~~

~~Compliance is checked by inspection and/or by measurement and for item 1 by the test of 9.7.7.1.~~

~~The clearances of items 2, 4 and 5 may be reduced provided that the tests according to Table 19 are withstood.~~

~~Compliance is checked, if relevant, with test voltages given in Table 19 with test arrangements of 9.7.2 item b), c), d), e) and 9.20 (without further treatment of humidity as described in 9.7.1).~~

~~The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 2.7.1.1 and 2.7.1.3 of IEC 60664-1:2007.~~

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 7 which is based on the RCBO being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 7 is checked by measurement and by the test of 9.7.7.4.1 and 9.7.7.4.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.1.

The clearances of items 2 and 4 (except accessible surface after installation, see Note 1) may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1 for homogenous field conditions.

NOTE 1 Accessible surface after installation means any surface accessible by the user when the RCD is installed according to the manufacturer's instructions. The test finger can be applied to determine whether a surface is accessible or not.

In this case, after the humidity treatment described in 9.7.1, compliance for item 2 and 4 and arrangements of 9.7.2 items b), c), d) and e) is checked in the following order:

- Tests according to 9.7.2 to 9.7.6 as applicable;
- Test according to 9.7.7.2 is applied with test voltages given in Table 19 with test arrangements of 9.7.2 items b), c), d), e).

If measurement does not show any reduced clearance, test 9.7.7.2 is not applied.

Compliance for item 3 in Table 7 is checked by measurement.

NOTE 2 All measurements required in 8.1.3 are carried out in Test sequence A on one sample and the tests 9.7.7.2 are carried out before 9.7.1 on three samples of Test sequence B.

Parts of PCBs connected to the live parts protected against pollution by the use of a type 2 protection according to IEC 60664-3 are exempt from this verification.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 3 Information on the requirements for design of solid insulation and appropriate testing is provided in IEC 60664-1:2007, 5.3 and 6.1.3.

NOTE 4 For clearances on printed wiring material, the following Note 3 in Table F.2 in 60664-1:2007 can be used: "For printed wiring material, the values for pollution degree 1 apply except that the value should not be less than 0,04 mm, as specified in Table F.4." For creepage distances on printed wiring material, distances in Table F.4 in 60664-1:2007 can be used if protected with a coating meeting IEC 60664-3 requirements and tests.

NOTE 5 The dimensioning of clearances and creepage distances for spacings equal to or less than 2 mm for printed wiring board may be optimised under certain conditions in case of use of IEC 60664-5. Only humidity levels HL 2 and HL3 are considered.

Table 7 – Minimum clearances and creepage distances

	Minimum clearances mm			Minimum creepage distances ^{e, f} mm											
				Group IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Group I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Rated voltage V			Working voltage ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. Between live parts which are separated when the main contacts are in the open position ^a	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. Between live parts of different polarity ^a	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. Between circuits supplied from different sources, one of which being PELV or SELV ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Rated voltage V											
				120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400				
4. Between live parts and - accessible surfaces of operating means - screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the RCBO - surface on which the RCBO is mounted ^b - screws or other means for fixing the RCBO ^b - metal covers or boxes ^b - other accessible metal parts ^c - metal frames supporting flush-type RCBOs	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0	3,0	
~~5. Between metal parts of the mechanism and accessible metal parts^e - screws or other means for fixing the RCBO - metal frames supporting flush-type RCBOs~~															
NOTE 1 The values given for 400 V are also valid for 440 V.															
NOTE 2 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.															
~~NOTE 3—Dimensioning rules for solid insulation are under consideration.~~															
NOTE 43 Care should be taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of RCBOs, e.g. of the plug-in type mounted close to one another. If the clearance and creepage distances requirements are not fulfilled to all the surfaces adjacent to the RCD, appropriate information will be provided for installation purposes.															

- a For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.
- b The values are doubled if clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the RCBO is mounted are not dependent on the design of the RCBO only, so that they can be reduced when the RCBO is mounted in the most unfavourable condition.
- c Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight unjointed test finger according to 9.6 (see Figure 3).
- d See IEC 60112.
- e Interpolation is allowed in determining creepage distances corresponding to voltage values intermediate to those listed as working voltage. **When interpolating, linear interpolation shall be used and values shall be rounded to the same number of digits as the values picked up from the tables.** For determination of creepage distances, see Annex B.
- f Creepage distances cannot be less than the associated clearances.
- g To cover all different voltages including ELV in an auxiliary contact.
- h For material group IIb ($100\text{ V} \leq \text{CTI} < 175\text{ V}$) the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.
- i For working voltages up to and including 25 V, reference may be made to IEC 60664-1.

8.1.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.1.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the RCBO during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the RCBO include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of an RCBO.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.4.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.12, 9.13, 9.14 and 9.23.

8.1.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the RCBO during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example by guiding the screw by the part to be fixed, by a recess in the female thread or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.1.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered in respect of the stability of the dimensions.

8.1.4.4 ~~Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be of~~

~~—copper,~~

~~—an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts,~~

~~—other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.~~

~~NOTE New requirements and appropriate tests for determining the resistance to corrosion are under consideration. These requirements should permit other materials to be used if suitably coated.~~

~~The requirements of this subclause do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices nor to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.~~

Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;
- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.25).

The requirements of this subclause do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.1.5 Terminals for external conductors

8.1.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

~~In this standard, only screw-type terminals for external copper conductors are considered.~~

~~NOTE Requirements for flat quick-connect terminations, screwless terminals and terminals for the connection of aluminium conductors are under consideration.~~

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

~~Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.5.~~ Compliance is checked by inspection, by the tests of 9.5 for screw-type terminals, by specific tests for plug-in or bolt-on RCBOs included in the standard, or by the tests of Annexes J, K or L, as relevant for the type of connection.

8.1.5.2 ~~RCBOs shall be provided with terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 8.~~

~~NOTE Examples of possible designs of terminals are given in Annex IC.~~

~~Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting, in turn, one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.~~

Table 8 — Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^a A		Range of nominal cross-section to be clamped ^b mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded) conductors	Flexible conductors
—	13	— 1 — to — 2,5	— 1 — to — 2,5
13	16	— 1 — to — 4	— 1 — to — 4
16	25	— 1,5 — to — 6	— 1,5 — to — 6
25	32	— 2,5 — to — 10	— 2,5 — to — 6
32	50	— 4 — to — 16	— 4 — to — 10
50	80	— 10 — to — 25	— 10 — to — 16
80	100	— 16 — to — 35	— 16 — to — 25
100	125	— 25 — to — 50	— 25 — to — 35

NOTE For AWG cross-sections, see Annex ID.

^a A range of RCBOs having the same fundamental design and having the same design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

^b It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

RCBOs shall be provided with:

- either terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 8;

NOTE Examples of possible designs of screw-type terminals are given in Annex IC.

- or terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors according to Annex L.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting, in turn, one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.

Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^{a)} A		Range of nominal cross-section to be clamped ^{b)} mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded ^{c)}) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	25 to 50	25 to 35

NOTE Information on AWG is given in Annex ID.

a) A range of RCBOs having the same fundamental design and having the same design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

b) It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

c) Rigid stranded conductors shall be used for conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm² and shall be in compliance with class 2 of IEC 60228, related to stranded conductors for single-core.

8.1.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.5.

8.1.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of wire of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.1.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1.

8.1.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.2.

8.1.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1.

8.1.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.3.

8.1.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not work loose.

These requirements do not imply that the terminals shall be so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement shall be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this standard.

The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use,
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this standard.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4.

8.1.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without the use of a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals of which examples are shown in Annex IC provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, may be necessary.

8.1.5.11 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.1.6 Non-interchangeability

For RCBOs intended to be mounted on bases forming a unit therewith (plug-in type or screw-in type) it shall not be possible, without the aid of a tool, to replace an RCBO when mounted and wired as for normal use by another RCBO of the same make having a higher rated current.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The expression "as for normal use" implies that the RCBO is mounted according to the manufacturer's instructions.

8.2 Protection against electric shock

RCBOs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that RCBOs be installed according to the manufacturer's instructions.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the standard test finger (see 9.6).

For RCBOs other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the RCBOs are mounted and

wired as in normal conditions of use, shall either be of insulating material, or be lined throughout with insulating material, unless the live parts are within an internal enclosure of insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of the RCBOs. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in RCBOs external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible for normal use, shall be of insulating material.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their conductive parts which otherwise would be "exposed conductive parts" shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated operating means of several poles.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. In addition, they shall be insulated from accessible metal parts, from metal frames supporting the base of flush-type RCBOs, from screws or other means for fixing the base to its support and from metal plates used as support.

It shall be possible to replace plug-in RCBOs easily without touching live parts.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6.

8.3 Dielectric properties and isolating capability

RCBOs shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

Control circuits connected to the main circuit shall not be damaged by high d.c. voltage due to insulation measurements which are normally carried out after RCBOs are installed.

Compliance is checked by the tests of 9.7 ~~and 9.20~~.

8.4 Temperature-rise

8.4.1 Temperature-rise limits

The temperature-rises of the parts of an RCBO specified in Table 9, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 9.

The RCBO shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 9 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections ^c	65
External parts liable to be touched during manual operation of the RCBO, including operating means of insulating material and metallic means for coupling insulated operating means of several poles	40
External metallic parts of operating means	25
Other external parts, including that face of the RCBO in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contact since the design of most RCBOs is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacement of parts likely to affect the reproducibility of the tests. The test of reliability (see 9.22) is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature-rises in service. ^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the RCBO shall not be impaired. ^c For plug-in type RCBOs, the terminals of the base on which they are installed.	

8.4.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 9 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 6.

8.5 Operating characteristics

The operating characteristic of RCBOs, under residual current or overcurrent conditions, shall comply with the requirements of 9.9 ~~and 9.21~~, if applicable.

8.5.1 Under residual current conditions

The operating characteristic of RCBOs shall comply with the requirements of 9.9.1.

8.5.2 Under overcurrent conditions

RCBOs shall comply with the requirements of 8.5.2.1 and 8.5.2.3.

8.5.2.1 Standard time-(over)current zone

The tripping characteristic of RCBOs shall ensure adequate protection against overcurrents, without premature operation.

The zone of the time-current characteristic (tripping characteristic) of an RCBO is defined by the conditions and the values stated in Table 10.

This table refers to an RCBO mounted in accordance with the reference conditions (see 9.2) operating at the reference calibration temperature of 30 °C, with a tolerance of $^{+5}_{0}$ °C (see the note in Table 10).

Compliance is checked by the tests specified in 9.9.2.

Checking is made at any convenient temperature, the results being referred to 30 °C through the information given by the manufacturer.

Under no circumstances shall the variation of the test current of Table 10 exceed 1,2 % per K of calibration temperature variation.

If the RCBOs are marked for a calibration temperature different from 30 °C, they are tested for that different temperature.

NOTE The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for calibration temperatures differing from the reference value.

Table 10 – Time-current operating characteristics

Test	Type	Test current	Initial condition	Limits of tripping or non-tripping time	Results to be obtained	Remarks
a)	B, C, D	$1,13 I_n$	Cold ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	No tripping	
b)	B, C, D	$1,45 I_n$	Immediately following test ^a	$t < 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	Tripping	Current steadily increased within 5 s
c)	B, C, D	$2,55 I_n$	Cold ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (for $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (for $I_n > 32 \text{ A}$)	Tripping	
d)	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	Cold ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	No tripping	Current established by closing an auxiliary switch
e)	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$ ^b	Cold ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Tripping	Current established by closing an auxiliary switch
NOTE — An additional test, intermediate between test c) and d), is under consideration for RCBOs of type D.						
^a The term "cold" means without previous loading, at the reference calibration temperature.						
^b $50 I_n$ for special cases.						

8.5.2.2 Conventional quantities

a) Conventional time

The conventional time is 1 h for RCBOs of rated current up to and including 63 A, and 2 h for RCBOs of rated current above 63 A.

b) Conventional non-tripping overcurrent (I_{nt})

The conventional no-tripping overcurrent of an RCBO is 1,13 times its rated current.

c) Conventional tripping overcurrent (I_t)

The conventional tripping overcurrent of an RCBO is 1,45 times its rated current.

8.5.2.3 Overcurrent tripping characteristic

The overcurrent tripping characteristic of RCBOs shall be contained within the zone defined in 8.5.2.1.

NOTE Conditions of temperature and mounting different from those specified in 9.2 (e.g. mounting in a special enclosure, grouping of several RCBOs in the same enclosure, etc.) may affect the tripping characteristic of RCBOs.

The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for ambient temperatures differing from the reference value, within the limits of 7.1.

8.5.2.4 Effect of the ambient air temperature on the overcurrent tripping characteristic

Ambient temperatures other than the reference temperature, within the limits of -5 °C and $+40 \text{ °C}$, shall not unacceptably affect the overcurrent tripping characteristic of RCBOs.

Compliance is checked by the tests of 9.9.2.3.

8.6 Mechanical and electrical endurance

RCBOs shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

Compliance is checked by the test of 9.10.

8.7 Performance at short-circuit currents

RCBOs shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations during which they shall neither endanger the operator nor initiate a flashover between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.12.

8.8 Resistance to mechanical shock and impact

RCBOs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.13.

8.9 Resistance to heat

RCBOs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.14.

8.10 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of RCBOs made of insulating material shall not be liable to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity, under fault or overload conditions, attain a high temperature. The resistance to abnormal heat and to fire of the other parts made of insulating material is considered as checked by the other tests of this standard.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.15.

8.11 Test device

RCBOs shall be provided with a test device to simulate the passing through the detecting device of a residual current in order to allow a periodic testing of the ability of the residual current device to operate.

NOTE The test device is intended to check the tripping function, not the value at which this function is effective with respect to the rated residual operating current and the break times.

The ampere-turns produced when operating the test device of an RCBO supplied at rated voltage or at the highest value of the voltage range, if applicable, shall not exceed 2,5 times the ampere-turns produced, when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is passed through one of the poles of the RCBO.

In the case of RCBOs having several settings of residual operating current (see 4.4) the lowest setting for which the RCBOs have been designed shall be used.

The test device shall comply with the test of 9.16.

The protective conductor of the installation shall not become live when the test device is operated.

It shall not be possible to energize the circuit on the load side by operating the test device when the RCBO is in the open position and connected as in normal use.

The test device shall not be the sole means of performing the opening operation and is not intended to be used for this function.

8.12 Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage

RCBOs functionally dependent on line voltage shall operate correctly at any value of the line voltage between 0,85 and 1,1 times their rated voltage, for which purpose multipole RCBOs shall have all their current paths supplied from the phases and neutral, if any.

Compliance is checked by the test of 9.17 under the supplementary test conditions specified in 9.9.1.2.

According to their classification, RCBOs shall comply with the requirements given in Table 11.

Table 11 – Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage

Classification of the device according to 4.1		Behaviour in case of failure of the line voltage
RCBOs opening automatically in case of failure of the line voltage (4.1.2.1)	Without delay	Opening without delay, according to the conditions stated in 9.17.2 a)
	With delay	Opening with delay, according to 9.17.2 b). Correct operation during the delay shall be verified according to 9.17.3
RCBOs which do not open automatically in case of failure of the line voltage (4.1.2.2)		No opening

~~8.13 Behaviour of RCBOs in case of a single-phase overcurrent through a three-pole or four-pole RCBO-Void~~

~~Three-pole and four-pole RCBOs shall not operate with single-phase overcurrent having a value equal to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C or D, as applicable.~~

~~Compliance is checked by the test of 9.18.~~

8.14 Behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages

RCBOs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitance of the installation and the current surges to earth due to flashover in the installation. S type RCBOs shall additionally show adequate resistance against unwanted tripping in case of current surges to earth due to flashover in the installation.

Compliance is checked by the tests of 9.19.

8.15 Behaviour of RCBOs in case of earth fault currents comprising a d.c. component

RCBOs shall adequately perform in presence of earth fault currents comprising a d.c. component in accordance with their classification.

Compliance is checked by the tests of 9.9.321.

8.16 Reliability

RCBOs shall operate reliably even after long service, taking into account the aging of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.22 and 9.23.

8.17 Electromagnetic compatibility (EMC)

RCBOs shall operate reliably, even in presence of electromagnetic disturbances, and shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.24.

9 Tests

9.1 General

9.1.1 The characteristics of RCBOs are checked by means of type tests.

Type tests required by this standard are listed in Table 12.

Table 12 – List of type tests

Test	Subclause
– Indelibility of marking	9.3
– Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4
– Reliability of terminals for external conductors	9.5
– Protection against electric shock	9.6
– Dielectric properties	9.7
– Temperature-rise	9.8
– Operating characteristic	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10
– Trip-free mechanism	9.11
– Short-circuit ^a	9.12
– Resistance to mechanical shock and impact	9.13
– Resistance to heat	9.14
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.15
– Operation of the test device at the limits of rated voltage	9.16
– Behaviour of RCBOs in case of failure of the line voltage for RCBOs classified according to 4.1.2.1.	9.17
~~– Limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions~~	~~9.18~~
– Resistance against unwanted tripping due to current surges	9.19
~~– Resistance of the insulation against an impulse voltage~~	~~9.20~~
~~– Behaviour of RCBOs in case of an earth fault current comprising a d.c. component~~	~~9.21~~
– Reliability	9.22
– Ageing of electronic components	9.23
– Electromagnetic compatibility (EMC)	9.24
– Resistance to rusting	9.25
^a This comprises several tests.	

9.1.2 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences.

NOTE The term "certification" denotes:

- either manufacturer's declaration of conformity;
- or third-party certification, for example by an independent certification body.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each type test (or sequence of type tests) is made on RCBOs in a clean and new condition, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 6).

9.1.3 Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device are given in Annex D.

9.2 Test conditions

The RCBO is mounted individually according to manufacturer's instructions and in free air, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

RCBOs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

Unless otherwise specified, the RCBO is wired with the appropriate cable of cross-section S specified in Table 13 and is fixed on a dull black painted plywood board not less than 20 mm thickness, the method of fixing being in compliance with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 13 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 For AWG copper conductors, see Annex ID.

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this standard. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency $\pm 5\%$.

During the tests, no maintenance or dismantling of the samples is allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.10, 9.22.2 and 9.23, the RCBO is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is
 - 1 m for cross-sections up to and including 10 mm²,
 - 2 m for cross-sections larger than 10 mm².

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 14.

For RCBOs with dependent manual operation, an operating speed of $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$ shall be used during actuation for the tests of 9.10 and 9.12. The speed is measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the RCBO under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the RCBO under test.

NOTE 3 In Japan, on request of the manufacturer, a different operating speed can be used for tests in 9.10 and 9.12

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane (with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65°C , dry point approximately 69°C and specific gravity of $0,68 \text{ g/cm}^3$).

Marking made by impressing, moulding or engraving is not subjected to this test.

After this test, the marking shall be easily legible. The marking shall also remain easily legible after all the tests of this standard.

It shall not be easily possible to remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.1.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the RCBO, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 times in all other cases.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and re-inserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 14.

The screws and nuts shall be tightened in one smooth and continuous motion

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 14 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

Column I applies to screws without head if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.

Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.

Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver.

Where a screw has a hexagonal head with a slot for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is made twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III and then, on another sample, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver. If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is made.

During the test, the screwed connections shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the RCBO.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of **screw-type** terminals for external **copper** conductors

Compliance with the requirements of 8.1.5 is checked by inspection, by the test of 9.4, for which a rigid copper conductor having the largest cross-section specified in Table 8 is placed in the terminal (for nominal cross-sections exceeding 6 mm², a rigid stranded conductor is used; for other nominal cross-sections, a solid conductor is used), and by the tests of 9.5.1, 9.5.2 and 9.5.3.

These last tests are made using a suitable test screwdriver or spanner, and applying the torque specified in Table 14.

~~9.5.1 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable.~~

~~The conductor is inserted into the terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to permit the solid conductor or a strand (or strands) to escape.~~

~~The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.~~

~~Each conductor is then subjected to the pull shown in Table 15.~~

~~The pull is applied in one smooth and continuous motion, for 1 min, in the direction of the axis of the space intended for the conductor.~~

Table 15 — Pulling forces

Cross-section of conductor accepted by the terminal mm ²	Up to 4	Up to 6	Up to 10	Up to 16	Up to 50
Pull N	50	60	80	90	100

~~During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.~~

The terminals are fitted with copper conductors *of the* same type (solid, stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and flexible, unless otherwise specified by the manufacturer.

Terminals shall be tested with the minimum and maximum cross-section of each type of conductors on new terminals as follows:

- Tests for solid conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm², as applicable.
- Tests for stranded conductors shall use conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm², as applicable.
- Tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 35 mm², as applicable.

NOTE Information on AWG is given in Annex ID.

The conductor is inserted into a new terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to assist the wire to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 15, according to the relevant cross-section of the tested conductor.

The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the conductor space.

When it is necessary, the tested values, for the different cross-sections with the relevant pulling force, shall be clearly indicated in the test report.

Table 15 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted in the terminal mm ²	1 up to and including 4	Above 4 up to and including 6	Above 6 up to and including 10	Above 10 up to and including 16	Above 16 up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage or severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, terminals shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the terminal.

9.5.3 ~~The terminals are fitted with a rigid stranded copper conductor having the make-up shown in Table 16.~~ The terminals are fitted with the largest cross-section area specified in Table 8, for stranded and/or flexible copper conductor.

Table 16 – Conductor dimensions

Range of nominal cross-sections to be clamped mm ^a	Stranded conductor	
	Number of strands	Diameter of strands mm
1,0 to 2,5 ^a	7	0,67
1,0 to 4,0 ^a	7	0,85
1,5 to 6,0 ^a	7	1,04
2,5 to 10,0	7	1,35
4,0 to 16,0	7	1,70
10,0 to 25,0	7	2,14
16,0 to 35,0	19	1,53
25,0 to 50,0	19	1,83

^a If the terminal is intended to clamp solid conductors only (see the note in Table 8), the test is not made.

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

After the test no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of RCBOs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 3 on the RCBO mounted as for normal use (see note of 8.2) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the RCBO.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The standard test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V. The standard test finger shall not touch live parts.

RCBOs with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, the RCBO being at this temperature.

RCBOs are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the RCBO, but is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed RCBOs having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel, and mounted as for normal use.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the RCBO for test

Parts the of RCBO which can be removed without the aid of a tool, are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.1.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity maintained between 91 % and 95 %.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within $\pm 1\text{ °C}$ of any convenient value T between 20 °C and 30 °C .

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between $T\text{ °C}$ and $T\text{ °C} + 4\text{ °C}$.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE 1 A relative humidity between 91 % and 95 % may be obtained by placing in the humidity cabinet a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water having a sufficiently large surface in contact with the air.

NOTE 2 In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended to ensure a constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.1.4 Condition of the RCBO after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this standard and shall withstand the tests of 9.7.2, ~~and 9.7.3, 9.7.4, 9.7.6 and 9.7.7.2 (if applicable).~~

9.7.2 Insulation resistance of the main circuit

The RCBO having been treated as specified in 9.7.1 is then removed from the cabinet.

After an interval of between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after the application of a d.c. voltage of approximately 500 V, in the following order:

- a) with the RCBO in the open position, between each pair of the terminals which are electrically connected together when the RCBO is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the RCBO in the closed position, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- c) with the RCBO in the closed position, between all poles connected together and the frame, including a metal foil ~~or part~~ in contact with the outer surface of the ~~internal enclosure housing~~ of insulating material, ~~if any~~ but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- d) between metal parts of the mechanism and the frame;
NOTE Access to the metal part of the mechanism may be specifically provided for this measurement.
- e) for RCBOs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

The measurements a), b) and c) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;
- the surface on which the base of the RCBO is mounted, covered, if necessary, with metal foil;
- screws and other devices for fixing the base to its support;
- screws for fixing covers which have to be removed when mounting the RCBO;
- metal parts of operating means referred to in 8.2.

If the RCBO is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

For the measurements according to b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.3 Dielectric strength of the main circuit

After the RCBO has passed the tests of 9.7.2, the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.2 with electronic components, if any, being disconnected for the test.

The test voltage shall have a practically sinusoidal wave-form, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short-circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the transformer shall operate when the current in the output circuit is lower than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- 2 000 V for a) to d) of 9.7.2;
- 2 500 V for e) of 9.7.2.

Initially, not more than half the prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.4 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

- a) The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- b) The measurements of the insulation resistance are carried out:
 - between the auxiliary circuits connected to each other and to the frame;
 - between each of the parts of the auxiliary circuits which might be isolated from the other parts in normal service and the whole of the other parts connected together, at a voltage of approximately 500 V d.c., after this voltage has been applied for 1 min.

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

- c) A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).

The voltage values to be applied are specified in Table 17.

Table 17 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (a.c. or d.c.) V		Test voltage V
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test, the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of RCBOs in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests shall be made on samples specially prepared by the manufacturer or according to his instructions.

NOTE 3 Auxiliary circuits do not include the control circuit of RCBOs functionally dependent on line voltage.

NOTE 4 Control circuits other than those of secondary circuit of detection transformers and control circuits connected to the main circuit are submitted to the same tests as the auxiliary circuits.

9.7.5 Secondary circuit of detection transformers

The circuit which includes the secondary circuit of the detection transformer is not submitted to any insulation test, provided that the circuit has no connection with accessible metal parts, with a protective conductor, or with live parts.

9.7.6 Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements

The test is carried out on the RCBO fixed on a metal support, in the closed position, with all control circuits connected as in service.

A d.c. voltage source is used with the following characteristics:

- open voltage: $600 \text{ V }^{+25}_{-0} \text{ V}$

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple : 5 %

where

$$\text{ripple (\%)} = \frac{\text{max. value} - \text{mean value}}{\text{mean value}} \times 100$$

- short-circuit current: $12 \text{ mA }^{+2}_{-0} \text{ mA}$

This test voltage is applied for 1 min in turn between each pole and the other poles connected together to the frame.

After this treatment, the RCBO shall be capable of performing satisfactorily the tests specified in 9.9.1.2 c).

9.7.7 Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts

9.7.7.1 ~~Verification of impulse withstand voltage across the open contacts (suitability for isolation)~~ General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

~~The test is carried out on an RCBO fixed on a metal support as in normal use.~~

~~The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 µs, and a time to half value of 50 µs, the tolerances being as follows:~~

~~±5 % for the peak value;~~

~~±30 % for the front time;~~

~~±20 % for the time to half value.~~

~~The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value of 500 Ω.~~

~~The shape of the impulses is adjusted with the RCBO under test connected to the impulse generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used.~~

~~Small oscillations in the impulses are allowed provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.~~

~~For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.~~

~~The 1,2/50 µs impulse voltage according to Figure 6 of IEC 60060-1:1989 is applied between the line terminals connected together and the load terminals connected together with the contacts in the open position.~~

~~Three positive impulses and three negative impulses are applied, the interval between consecutive impulses being at least 1 s for impulses of the same polarity and being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.~~

~~The test impulse voltage values shall be chosen in Table 18, in accordance with the rated impulse voltage of the RCBO as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 18.~~

~~There shall be no disruptive discharges during the test.~~

Table 18 — Test voltage across the open contacts for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out

Rated impulse voltage withstand U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude				
	$U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3
4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 μ s, and a time to half-value of 50 μ s, the tolerances being as follows:

- ± 5 % for the peak value;
- ± 30 % for the front time;
- ± 20 % for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses being at least 1 s for impulses of the same polarity and being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on complete RCBO, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500 Ω .

NOTE 1 In 9.7.7.2, for the verification of clearances within the basic insulation, on complete RCBO, a very low impedance of the generator is needed for the test. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of 2 Ω is appropriate if internal components are not disconnected before testing. However, in any case, a measurement of the correct test voltage directly at the clearance is needed.

The shape of the impulses is adjusted with the RCBO under test connected to the impulse generator. For this purpose appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

NOTE 2 For RCBOs with incorporated surge arresters that cannot be disconnected, the shape of the impulses is adjusted without connection of the RCBO to the impulse generator.

Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

NOTE 3 It is recommended that an oscilloscope be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.7.2 ~~Verification of impulse withstand voltage for the parts not tested in 9.7.7.1~~ **Verification of clearances with the impulse withstand voltage**

~~The test is carried out on an RCBO fixed on a metal support being in the closed position.~~

~~The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 μ s and a time to half value of 50 μ s the tolerances being as follows:~~

- ~~± 5 % for the peak value;~~
- ~~± 30 % for the front time;~~
- ~~± 20 % for the time to half value.~~

~~The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value of 500 Ω .~~

~~The shape of the impulses is adjusted with the RCBO under test connected to the impulse generator. For this purpose appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used.~~

~~NOTE 1 For RCBOs with incorporated surge arresters, the shape of the impulses is adjusted without connection of the RCBO to the impulse generator.~~

~~Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.~~

~~For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.~~

~~A first series of tests is made applying the impulse voltage between the phase pole(s), connected together, and the neutral pole (or path) of the RCBO, as applicable.~~

~~A second series of tests is made applying the impulse voltage between the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any, and the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together.~~

~~In both cases, three positive impulses and three negative impulses are applied, the interval between consecutive impulses being at least 1 s for impulses of the same polarity and at least 10 s for impulses of the opposite polarity.~~

~~The test impulse voltage values shall be chosen in Table 19 in accordance with the rated impulse voltage of the RCBO as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 19.~~

~~There shall be no flashover nor unintentional disruptive discharges during the test. If, however, only one such disruptive discharge occurs, six additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.~~

~~No further disruptive discharge shall occur.~~

~~NOTE 2 The expression "unintentional disruptive discharge" is used to cover the phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, which include a drop in the voltage and the flowing of current.~~

~~If the measurement of clearances of items 2 and 4 in Table 7 and arrangements given in 9.7.2 b), c) d) and e) shows a reduction of the required length, this test applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.7.4.~~

~~NOTE The measurement of the clearances can be replaced by this test.~~

~~The test is carried out on a RCBO fixed on a metal support and being in the closed position.~~

~~The test impulse voltage values shall be chosen in Table 19 in accordance with the rated impulse voltage of the RCBO as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 19.~~

~~A first series of tests is made applying the impulse voltage between:~~

- ~~– the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together,~~
- ~~– and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.~~

~~A second series of tests is made applying the impulse voltage between:~~

- ~~– the phase pole(s), connected together,~~
- ~~– and the neutral pole (or path) of the RCBO, as applicable.~~

~~A third series of tests is made applying the impulse voltage between arrangements given in 9.7.2 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.~~

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

**Table 19 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage
for the parts not tested in 9.7.7.1**

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Verification of leakage currents across open contacts (suitability for isolation)

Each pole of a RCBO having been submitted to one of the applicable tests of ~~9.12.11.2, or 9.12.11.2.1, 9.12.11.2.2, 9.12.11.3, or 9.12.11.4 a), or 9.12.11.4 b), or 9.12.11.4 c)~~ is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage, the RCBO being in the open position.

The leakage current flowing across the open contacts is measured and shall not exceed 2 mA.

9.7.7.4 Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions

9.7.7.4.1 General

These tests are not preceded by the humidity treatment described in 9.7.1.

NOTE The tests in 9.7.7.4, as stated in requirements of 8.1.3, will be carried out before 9.7.1 on three samples of Test sequence B.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 28, in accordance with the rated voltage of the installation for which the RCBO is intended to be used as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 28.

Table 28 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 a)	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Single phase system 120/240 240 b)	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Three-phase systems 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
a) For installation practice in Japan.					
b) For installation practice in North American countries.					

9.7.7.4.2 RCBO in opened position

The series of tests is carried out on a RCBO fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

- the line terminals connected together;
- and the load terminals connected together with the contacts in the open position.

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.7.7.4.3 RCBO in closed position

The series of tests is carried out on a RCBO fixed on a metal support, wired as in normal use and being in closed position.

All components bridging the basic insulation have to be disconnected.

NOTE If necessary, separate samples can be prepared by the manufacturer.

A first series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and, the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the RCBO.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Afterwards, a new sample is tested according to 9.7.7.5.

9.7.7.5 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

A new RCBO sample is tested in order to check that components bridging the basic insulation would not reduce safety with respect to short term temporary overvoltages.

NOTE 1 Afterwards it is necessary to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, would not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the equipment during normal use.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. In accordance with IEC 60364-4-44:2007, Table 44.A2, and to IEC 60664-1, the r.m.s. value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_0$, U_0 being the nominal voltage value between line and neutral.

NOTE 2 This test is performed only on RCBOs, where components bridging the basic insulation have been disconnected during the impulse voltage test of 9.7.7.4.3.

NOTE 3 As an example, for an RCBO having a rated voltage of $U_0 = 250\text{ V}$, the value of the a.c. test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the r.m.s. test voltage is $1\,450\text{ V}$.

The voltage is applied during 5 s between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

The equipment is then visually inspected; no component bridging the basic insulation should show a visible alteration.

NOTE 4 It is accepted to replace a fuse before connecting the equipment to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is accepted to replace the surge arrester too.

Then, the equipment is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instruction. Under the condition of 9.9.1.2 c) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole, taken at random, without measurement of break time.

This test is not applied to devices with solid neutral.

9.8 Test of temperature-rise

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically distributed around the RCBO at about half its height and at a distance of about 1 m from the RCBO.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

NOTE Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n is passed simultaneously through all the poles of the RCBO for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K per hour.

For four-pole RCBOs the test is first made by passing the specified current through the three-phase poles only.

The test is then repeated by passing the current through the pole intended for the connection of the neutral and the pole adjacent to the neutral.

During these tests the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 9.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 9 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature-rise of a part

The temperature rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.9 Verification of the operating characteristic

9.9.1 Verification of the operating characteristics under residual current conditions

9.9.1.1 Test circuit and test procedure

The RCBO is installed as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance ~~and correspond to Figure 4~~. For tests according to 9.9.1.2, the test circuit shall correspond to Figure 4. For tests according to 9.9.1.3, the test circuit shall correspond to Figure 5 or Figure 6, as applicable.

The instruments for the measurement of the residual current ~~shall be at least of class 0,5 and shall show display~~ (or ~~permit~~ allow to determine) the true r.m.s. value.

~~The instruments for the measurement of time shall have a relative error not greater than 10 % of the measured value.~~

NOTE The information for instrument measurement is available at the following CTL webserver:

http://www.iecee.org/ctl/sheet/pdf/CTL%20DSH%20251B%20Beijing%202009_05_15.pdf

Unless otherwise specified, the tests are performed with no load at the reference temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

The RCBO shall perform the tests of 9.9.1.2, 9.9.1.3 and 9.9.1.4, as applicable. Each test is made on one pole only, taken at random, with five measurements, unless otherwise specified.

For RCBOs having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at the lowest and highest frequency, ~~except for test in 9.9.1.2 e), where verification is performed at only one frequency.~~

For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests shall be made for each setting.

9.9.1.2 ~~Off-load tests with residual sinusoidal alternating currents at the reference temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$~~ Tests for all RCBOs

~~The RCBO shall perform the tests of 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) (each one comprising five measurements) and 9.9.1.2 d), made respectively on one pole only, taken at random.~~

~~For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made for each setting.~~

The test conditions according to 9.9.1.1 apply to all RCBOs.

a) Verification of ~~the~~ correct operation in case of a steady increase of the residual current

The test switches S_1 and S_2 and the RCBO being in the closed position, the residual current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $I_{\Delta n}$ within 30 s, the tripping current being measured each time.

All five measured values shall be situated between $I_{\Delta n0}$ and $I_{\Delta n}$.

b) Verification of ~~the~~ correct operation ~~at on~~ closing on ~~a~~ residual current

The test circuit being calibrated at the value of the rated residual operating current $I_{\Delta n}$ and the test switches S_1 and S_2 being closed, the RCBO is closed ~~on the circuit~~ so as to simulate service conditions as closely as possible. The break time is measured five times. No measurement shall exceed the limiting value specified for $I_{\Delta n}$ in Table 2, according to the type of RCBO.

c) Verification of ~~the~~ correct operation in case of sudden appearance of residual current

1) All types

The test circuit being successively calibrated at each of the values of residual current specified in Table 2, the test switch S_2 and the RCBO being in the closed position, the test voltage is suddenly established by closing the test switch S_1 .

The RCBO shall trip during each test.

Five measurements of the break time are made at each value of residual current.

No value shall exceed the relevant specified limiting value given in Table 2.

2) Additional test for type S

The test circuit being successively calibrated at each of the values of residual current specified in Table 2, the test switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S_2 for periods corresponding to the relevant minimum non-actuating times, with a tolerance of $\begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$.

Each application of residual current shall be separated from the previous one by an interval of at least 1 min.

The RCBO shall not trip during any of the tests.

~~Five measurements of the break time are made at each value of residual current.~~

~~No value shall exceed the relevant specified limiting value.~~

d) Verification of ~~the~~ correct operation in case of sudden appearance of residual currents between $5 I_{\Delta n}$ and 500 A

The test circuit is calibrated at any two values of the residual current chosen at random within the range 5 A to 200 A, among the following list 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

NOTE In Australia the measurement of the break time is made at 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

The test switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S_2 .

The RCBO shall trip during each test. The break time shall not exceed the times given in Table 2.

The test is made once for each value of residual current on one pole only, taken at random.

e) Verification of correct operation with load

The tests of 9.9.1.2 b) and 9.9.1.2 c) are repeated, the pole under test and one other pole of the RCCB being loaded with rated current, this current being established shortly before the test.

For the test of 9.9.1.2 c), the switch S_1 and the RCBO are in closed position. The residual current is established by closing S_2 .

f) Tests at the temperature limits

The RCBO shall perform the tests specified in 9.9.1.2 c) under the following conditions, successively:

1) ambient temperature: -5°C , off-load;

2) ambient temperature: $+40^\circ\text{C}$, the RCBO having been previously loaded with the rated current, at any convenient voltage, until it attains thermal steady-state conditions.

In practice these conditions are reached when the variation of temperature-rise does not exceed 1 K per hour.

For the tripping tests in 2), the flow of rated current may be interrupted, provided that the total interruption period does not exceed 30 s. As soon as the sum of interruption periods exceed 30 s, the RCBO shall be loaded again with rated current for 5 min before next tripping time measurement.

NOTE Preheating may be carried out at any convenient voltage at either 50 Hz or 60 Hz but auxiliary circuits shall be connected to their normal operating voltage (particularly for components depending on line voltage).

9.9.1.3 Verification of ~~the correct operation with load at the reference temperature at residual currents with d.c. components~~

~~The tests of 9.9.1.2 b) and 9.9.1.2 c) are repeated, the RCBOs being loaded with rated current as in normal service for a sufficient time so as to reach steady state conditions.~~

~~For the test of 9.9.1.2 c) the switch S_1 and the RCBO are in closed position. The residual current is established by closing S_2 .~~

~~In practice these conditions are reached when the variation of temperature rise does not exceed 1 K per hour.~~

~~In the case of RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made for each setting.~~

This subclause applies to type A RCBOs, under test conditions of 9.9.1.1.

- a) Verification of correct operation in case of a continuous rise of residual pulsating direct current

The test shall be performed according to Figure 5.

The auxiliary switches S_1 and S_2 and the RCBO shall be closed. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° and 135° are obtained. Each pole of the RCBO shall be tested twice at each of the current delay angles, in position I as well as in position II of the auxiliary switch S_3 .

For each test, the current shall be steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, and at an approximate rate of $2 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, starting from zero. The tripping current shall be in accordance with Table 26.

- b) Verification of correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents

The RCBO shall be tested according to Figure 5.

The circuit being successively calibrated at the values specified hereafter and the auxiliary switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the switch S_2 .

The test is carried out at each value of residual current specified in Table 3, according to the type of RCBO.

Two measurements of the break time are made at each value of residual current, at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$ with the auxiliary switch S_3 in position I for the first measurement and in position II for the second measurement.

No value shall exceed the specified limiting values.

- c) Verification of correct operation with load

The tests of 9.9.1.3 a) are repeated, the pole under test and one other pole of the RCBO being loaded with the rated current, this current being established shortly before the test.

NOTE The loading with rated current is not shown in Figure 5.

- d) Verification of correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current of 0,006 A

The RCBO shall be tested according to Figure 6 with a half-wave rectified residual current (current delay angle $\alpha = 0^\circ$) superimposed by a smooth direct current of 0,006 A.

Each pole of the RCBO is tested in turn, twice at each of positions I and II.

The half-wave current I_1 , starting from zero, being steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A and $2 I_{\Delta n} / 30$ amperes

per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, the device shall trip before this half-wave current I_1 reaches a value not exceeding $1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$ respectively.

9.9.1.4 Tests at the temperature limits

~~The RCBO shall perform the tests specified in 9.9.1.2 c) 1) under the following conditions, successively:~~

~~a) ambient temperature: -5°C , off-load;~~

~~b) ambient temperature: $+40^\circ\text{C}$, the RCBO having been previously loaded with the rated current, at any convenient voltage, until it attains thermal steady state conditions.~~

~~In practice these conditions are reached when the variation of temperature rise does not exceed 1 K per hour.~~

~~In the case of RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made for each setting.~~

~~NOTE Preheating may be carried out at reduced voltage but auxiliary circuits should be connected to their normal operating voltage (particularly for components depending on line voltage).~~

9.9.1.59.9.1.4 Particular test conditions for RCBOs functionally dependent on line voltage

For RCBOs functionally dependent on line voltage, each test is made at each of the following values of the line voltage, applied to the relevant terminals: 1,1 and 0,85 times the rated line voltage.

9.9.2 Verification of the operating characteristic under overcurrent conditions

This test is made to verify that the RCBO complies with the requirements of 8.5.2.

9.9.2.1 Test of time-(over)current characteristic

a) A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed for the conventional time (see 8.5.2.1 and 8.5.2.2 a)) through all poles, starting from cold (see Table 10).

The RCBO shall not trip.

The current is then steadily increased within 5 s to $1,45 I_n$ (conventional tripping current).

The RCBO shall trip within the conventional time.

b) A current equal to $2,55 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 1 s nor more than

- 60 s for rated currents up to and including 32 A,
- 120 s for rated currents greater than 32 A.

9.9.2.2 Test of instantaneous tripping

a) General test conditions

For the lower values of the test current of 9.9.2.2 b), 9.9.2.2 c) and 9.9.2.2 d) respectively the test is made once, at any convenient voltage.

~~For the upper values of the test current the test is made at rated voltage U_n (phase to neutral) with a power factor between 0,95 and 1.~~

~~The sequence of operation is~~

~~$\text{O} - t - \text{CO} - t - \text{CO} - t - \text{CO}$~~

~~For the upper value of the test current, the two following tests are carried out:~~

- At any convenient voltage, one opening operation on each combination of two poles connected in series is performed. The tripping time is measured and shall be within the limits of Table 10.
- At rated voltage U_0 (phase to neutral) with a power factor between 0,95 and 1 separately on each protected pole of the RCBO, the following sequence of operation is performed:

O-t-CO-t-CO-t-CO

the interval, t , being as defined in 9.12.11.1. The tripping time of the O operation is measured. After each operation the indicating means shall show the open position of the contacts.

b) For B type RCBOs

A current equal to $3 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $5 I_n$ is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

c) For C type RCBOs

A current equal to $5 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $10 I_n$ is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

d) For D type RCBOs

A current equal to $10 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $20 I_n$ or to the maximum instantaneous tripping current (see Clause 6, item t) is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

9.9.2.3 Test of effect of ambient temperature on the tripping characteristic

Compliance is checked by the following tests.

- a) The RCBO is placed in an ambient temperature of (35 ± 2) K below the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.

A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed through all poles for the conventional time. The current is then steadily increased within 5 s to $1,9 I_n$.

The RCBO shall trip within the conventional time.

- b) The RCBO is placed in an ambient temperature of (10 ± 2) K above the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.

A current equal to I_n is passed through all poles.

The RCBO shall not trip within the conventional time.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 General test conditions

The RCBO is fixed to a metal support.

The test is made at rated operational voltage, at a current adjusted to the rated current by means of resistors and reactors in series, connected to the load terminals.

If air-core reactors are used, a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactors is connected in parallel with each reactor.

If iron-core reactors are used, the iron power losses of these reactors shall not appreciably influence the recovery voltage.

The current shall have a substantially sinusoidal waveform and the power factor shall be between 0,85 and 0,9.

The RCBO is connected to the circuit with conductors of the sizes indicated in Table 13.

9.10.2 Test procedure

RCBOs are subjected to 2 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The RCBO shall be operated as for normal use.

The opening operations shall be effected as follows:

For RCBOs having $I_{\Delta n} > 0,010$ A

- for the first 1 000 operating cycles by using the manual operating means;
- for the following 500 operating cycles by using the test device;
- for the last 500 operating cycles by passing through one pole a residual operating current of value $I_{\Delta n}$.

For RCBOs having $I_{\Delta n} \leq 0,010$ A

- for the first 500 operating cycles by using the manual operating means;
- for the following 750 operating cycles by using the test device;
- for the last 750 operating cycles by passing through one pole a residual operating current of value $I_{\Delta n}$.

In addition the RCBO is further subjected without load, using the manual operating means, to

- 2 000 operating cycles for RCBOs having $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 operating cycles for RCBOs having $I_n > 25$ A.

The operating frequency shall be:

- four operating cycles per minute for RCBOs of $I_n \leq 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s;
- two operating cycles per minute for RCBOs of $I_n > 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

NOTE For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at the lowest setting.

9.10.3 Condition of the RCBO after test

Following the test of 9.10.2 the RCBO shall not show

- undue wear,
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard test finger,
- loosening of electrical or mechanical connections,
- seepage of the sealing compound, if any.

Under the test condition of 9.9.1.2 c) 1) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made without measurement of break time.

The RCBO shall then perform satisfactorily the dielectric strength test in 9.7.3 for 1 min but at a voltage of 900 V without previous humidity treatment.

In addition the RCBO shall perform satisfactorily the test of 9.9.2.1 b).

9.11 Verification of the trip-free mechanism

9.11.1 General test conditions

The RCBO is mounted and wired as in normal use.

It is tested in a substantially non-inductive circuit, the diagram of which is shown in Figure 4.

9.11.2 Test procedure

A residual current equal to $1,5 I_{\Delta n}$ is passed by closing the switch S_2 , the RCBO having been closed and the operating means being held in the closed position: the RCBO shall trip.

This test is then repeated by moving the operating means of the RCBO slowly over a period of approximately 1 s to a position where the current starts to flow. Tripping shall occur without further movement of the operating means.

Both tests are carried out three times, at least once on each pole intended to be connected to a phase.

NOTE 1 If the RCBO is fitted with more than one operating means, the trip-free operation is verified for all operating means.

NOTE 2 For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at each setting.

9.12 Short-circuit tests

9.12.1 General conditions for test

The conditions of 9.12.1 to 9.12.12 are applicable to any test intended to verify the behaviour of the RCBOs under short-circuit conditions. However, for the test at rated residual making and breaking capacity, additional requirements are stated in 9.12.13.

NOTE For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at the lowest setting.

Standard tests for the verification of the short-circuit performance consist of sequences of making and breaking operations, appropriate to the performance to be verified; these are summarized in Table 20.

All RCBOs are tested:

- at 500 A or $10 I_n$, whichever is the higher, according to 9.12.11.2 and 9.12.12.1;
- at 1 500 A, according to 9.12.11.3 and 9.12.12.1;
- at rated residual making and breaking capacity (see 5.2.7) according to 9.12.13.1 and 9.12.13.2.

RCBOs having rated short-circuit capacity above 1 500 A are additionally tested:

- at service short-circuit breaking capacity (see 3.4.6.2) according to 9.12.11.4 b) and 9.12.12.1; the service short-circuit capacity is obtained by multiplying the rated short-circuit capacity by a factor, k , the values of which are given in Table 22;

- at rated short-circuit capacity (see 5.2.6) according to 9.12.11.4 c) and to 9.12.12.2, if the factor k is less than 1, in which case new samples shall be used.

Table 20 – List of short-circuit tests

Test type	RCBOs to be tested	Verification according to subclause
Test at reduced short-circuit currents (9.12.11.2)	All RCBOs	9.12.12.1
Test at 1 500 A (9.12.11.3)		
Test at rated residual making and breaking capacity (9.12.13.1)		9.12.13.2
Test at service short-circuit capacity (9.12.11.4 b))	RCBOs having $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Test at rated short-circuit capacity (9.12.11.4 c))		9.12.12.2

9.12.2 Test circuit for short-circuit performance

Figures 7, 8 and 9, ~~10, 11 and 12~~ give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning

- a single-pole RCBO with two current paths ~~(Figure 8)~~;
- a two-pole RCBO (with one or two overcurrent protected poles) ~~(Figure 9)~~;
- a three-pole RCBO ~~(Figure 10)~~;
- a three-pole RCBO with four current paths ~~(Figure 11)~~;
- a four-pole RCBO ~~(Figure 12)~~.

The resistances and reactances of the impedances Z , ~~and~~ Z_1 and Z_2 shall be adjustable to satisfy the specified test conditions. The reactors shall preferably be air-cored, they shall always be connected in series with the resistors and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is permitted when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor, R_1 , taking approximately 0,6 % of the current through the reactor ~~(see Figure 9). This resistor may be omitted if agreed by the manufacturer.~~

If iron-core reactors are used, the iron-core power losses of these reactors shall not exceed the losses that would be absorbed by the resistors connected in parallel with the air-cored reactors.

In each test circuit for testing the rated short-circuit capacity, the impedances Z are inserted between the supply source S and the circuit-breaker under test.

When tests are made with current less than the rated short-circuit capacity, the additional impedances Z_1 shall be inserted on the load side of the circuit-breaker.

For the tests at both the rated and the service short-circuit capacity, and at the rated residual short-circuit making and breaking capacity, the RCBO shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 8.

NOTE It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the RCBO under test.

The switch S_1 remains open during all the short-circuit tests, except for the tests according to 9.12.13.

A resistor R_2 of about $0,5\ \Omega$ is connected in series with a copper wire, F, as shown in Figures 7 and 8 to 12, as applicable.

The copper wire, F, shall be at least 50 mm in length and

- 0,1 mm in diameter for RCBOs to be tested in free air, mounted on a metal support,
- 0,3 mm in diameter for RCBOs to be tested in the smallest individual enclosure specified by the manufacturer.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report. All the conductive parts of the RCBO normally earthed in service, including the metal support on which the RCBO is mounted or any metal enclosure shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral.

Resistors R_1 drawing a current of 10 A per phase are connected on the supply side of the RCBO between the impedances for adjusting the prospective current to the rated short-circuit capacity and the RCBO.

~~The current sensors O_1 are connected on the load side of the RCBO.~~

The voltage sensors O_2 are connected

- across the terminals of the pole for single-pole RCBOs;
- across the supply terminals for multipole RCBOs.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least $100\ \Omega$ per volt of the power-frequency recovery voltage.

RCBOs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report.

9.12.3 Values of test quantities

All the tests concerning the verification of the rated short-circuit capacity shall be performed with the values stated by the manufacturer in accordance with the relevant tables of this standard.

The value of the applied voltage is that which is necessary to produce the specified power frequency recovery voltage.

The value of the power-frequency recovery voltage shall be equal to a value corresponding to 105 % of the rated voltage of the RCBO under test.

NOTE The value of 105 % ($\pm 5\%$) of the rated voltage is deemed to cover the effect of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit value may be increased with the approval of the manufacturer.

9.12.4 Tolerances on test quantities

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- Current: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$
- Frequency: $\pm 5 \%$
- Power factor: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$
- Voltage: (including recovery voltage): $\pm 5 \%$

9.12.5 Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report. Two examples are given in Annex IA.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factors of each phase.

The power factor ranges are given in Table 21.

Table 21 – Power factor ranges of the test circuit

Test current I_{cc} A	Corresponding power factor range
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

9.12.6 Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p)

The I^2t and I_p values shall be measured during the tests according to 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4.

In the case of tests of RCBOs in three-phase circuits, the I^2t values shall be measured on each pole.

The maximum I^2t values measured shall be recorded in the test report and shall not exceed the corresponding values of the I^2t characteristic.

9.12.7 Calibration of the test circuit

9.12.7.1 To calibrate the test circuit, links G_1 and G_2 having negligible impedance compared with that of the test circuit are connected in the positions shown in Figures 7 and 8 ~~to 12~~.

9.12.7.2 To obtain a prospective current equal to the rated short-circuit capacity of the RCBO at the corresponding power factor as stated in Table 21, impedances Z are inserted on the supply side of the links G_1 .

9.12.7.3 To obtain a test current lower than the rated short-circuit capacity of the RCBO, additional impedances Z_1 are inserted on the load side of the links G_2 , as shown in Figures 7 and 8 ~~to 12~~.

9.12.7.4 To obtain a prospective current equal to the rated residual making and breaking capacity, ~~of the RCBO~~ at the corresponding power factor as Table 21, an impedance Z_2 is inserted as shown in Figures ~~s-8 to 12~~ 7.

9.12.8 Interpretation of records

a) Determination of the applied and power-frequency recovery voltages

The applied and power-frequency recovery voltages are determined from the record corresponding to the break test made with the RCBO under test. The applied voltage is evaluated as indicated in Figure 13.

The voltage on the supply side shall be measured during the first cycle after arc extinction in all poles and after high frequency phenomena have subsided.

b) Determination of the prospective short-circuit current

The a.c. component of the prospective current is taken as being equal to the r.m.s. value of the a.c. component of the calibration current (value corresponding to A_2 of Figure 13).

Where applicable, the prospective short-circuit current shall be the average of the prospective currents in all the phases.

9.12.9 Condition of the RCBO for test

RCBOS shall be tested in free air according to 9.12.9.1, unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to 9.12.9.2 or, with the agreement of the manufacturer, according to 9.12.9.1.

NOTE An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The RCBO shall be operated, simulating as closely as possible the normal operation.

RCBOs of the plug-in type which are normally mounted on an insulating support, are tested in this condition, the insulating support being fixed on a metal support.

9.12.9.1 Test in free air

The RCBO under test is mounted as shown in Figure C.1.

The polyethylene sheet and the barrier of insulating material specified in Annex C are placed as shown in Figure C.1 for opening (O) operations only.

The grid(s) specified in Annex C shall be so positioned that the bulk of the emitted ionized gases passes through the grid(s). The grid(s) shall be placed in the most unfavourable position(s).

NOTE 1 If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, appropriate information should be provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C as shown in the test circuit diagrams of Figures 7 and 8.

The resistor R' shall have a resistance of 1,5 Ω . The copper wire F' (see Figure C.3) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for RCBOs having a rated voltage of 230 V and 0,16 mm for RCBOs having a rated voltage of 400 V.

NOTE 2 Data for other voltages are under consideration.

For test currents up to and including 1 500 A the distance "a" shall be 35 mm.

For higher short-circuit currents up to I_{cn} the distance "a" may be increased and/or additional barriers or insulating means may be fitted, as stated by the manufacturer; "a", if increased, shall be chosen from the series 40 – 45 – 50 – 55 – ... mm and stated by the manufacturer.

9.12.9.2 Test in enclosures

The grid and the barrier of insulating material shown in Figure C.1 are omitted.

The test shall be performed with the RCBO placed in an enclosure having the most unfavourable configuration.

NOTE This means that if other RCBOs (or other devices) are normally fitted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, they ~~should~~ **could** be installed there. These RCBOs (or other devices) should be supplied as in normal use, but via F' and R' as defined in 9.12.9.1 and connected as shown in the appropriate Figures **7 and 8 to 12**.

In accordance with the manufacturer's instructions, barriers or other means, or adequate clearances may be necessary to prevent ionized gases from affecting the installation.

The polyethylene sheet as described in Annex C is placed as shown in Figure C.1 at a distance of 10 mm from the operating means, for O operations only.

9.12.10 Behaviour of the RCBO during short-circuit tests

During tests the RCBO shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and frame, no blowing of the fuse F and, if applicable, of the fuse F'.

9.12.11 Test procedure

9.12.11.1 General

The test procedure consists of a sequence of operations. The following symbols are used for defining the sequence of operations:

O represents an automatic opening;

CO represents a closing operation followed by an automatic opening operation;

t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or longer, as may be required by the thermal release in order to permit the reclosing of the RCBO.

The actual value of t shall be stated in the test report.

After arc extinction, the recovery voltage shall be maintained for a duration not less than 0,1 s.

Three samples shall be tested for each of the tests of 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4.

9.12.11.2 Test at reduced short-circuit currents

9.12.11.2.1 Tests on all RCBOs

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or $10 I_n$, whichever is the higher, at a power factor between 0,93 and 0,98.

Each overcurrent protected pole of the RCBO is subjected separately to a test in a circuit ~~the connections of which are shown in~~ similar to Figure ~~8~~ 7, but with the impedance Z_1 connected only to the pole to be tested and directly connected to the Neutral without passing the current through the N-pole of the RCBO, at a voltage of 105 % of the rated phase to neutral voltage value.

NOTE ~~For two-pole RCBOs with two current paths, for three-pole RCBOs with three current paths and for four-pole RCBOs with four current paths, one of the poles is connected in the test circuit of Figure 8 in place of the uninterrupted neutral.~~

The RCBO is caused to open automatically nine times, the circuit being closed six times by the ~~auxiliary switch A~~ making switch T and three times by the RCBO itself.

The sequence of operations shall be:

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

For the test, the ~~auxiliary switch A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation for the opening operations are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Short-circuit test on RCBOs for verifying their suitability for use in IT systems

This test is carried out on new samples.

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or 1,2 times the upper limit of the standard range of instantaneous tripping given in Table 4, whichever is the higher, but not exceeding 2 500 A, at a power factor between 0,93 and 0,98, at a voltage 105 % of the rated phase to phase voltage value.

According to 5.3.7, the pole marked N, if any, is tested with a current of 500 A or $10 I_n$ whichever is the greater and at a voltage of 105 % of U_0 for the pole marked N, if any.

For RCBOs having an instantaneous tripping value exceeding $20 I_n$, the impedances are adjusted as to obtain a current 1,2 times the upper limit of instantaneous tripping declared by the manufacturer, the 2 500 A limitation being disregarded.

Each pole of ~~an~~ RCBOs is subjected individually to a test in a circuit, the connections of which are shown in Figure ~~7~~ 8.

The sequence of operations shall be

O - t – CO

For the O operation on the first protected pole, the ~~auxiliary~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 0° on the wave for this operation.

For the following O operations on the other protected poles to be tested (see Clause C.2) this point is shifted each time by 30° with respect to the point on wave of the previous test, with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

RCBOs with uninterrupted neutral are not subjected to this test.

NOTE According to IEC 60364-4-43, devices with uninterrupted neutral cannot obviously be tested according to this clause.

9.12.11.3 Test at 1 500 A

For RCBOs having rated short-circuit capacity of 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2 to obtain a current of 1 500 A at a power factor corresponding to this current according to Table 21.

For RCBOs having a rated short-circuit capacity exceeding 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3 at a power factor corresponding to 1 500 A, according to Table 21.

~~Single pole RCBOs are tested in a circuit the diagram of which is shown in Figure 8.~~

~~Two-pole RCBOs are tested in a circuit, the diagram of which is shown in Figure 9, both poles being in the circuit irrespective of the number of overcurrent protected poles.~~

~~Three-pole RCBOs and four-pole RCBOs with three overcurrent protected poles are tested in a circuit the diagrams of which are shown in Figures 10, 11 and 12, as applicable.~~

The RCBOs are tested in a circuit according Figure 7.

For three-pole RCBOs with three current paths, no connection is made between the neutral of the supply and the common point, ~~if any~~, on the load side of the RCBO.

For four-pole RCBOs with three protected poles, the neutral of the supply is connected through the unprotected pole or the switched neutral pole to the common point on the load side of the RCBO.

If the neutral of a four-pole RCBO is not marked by the manufacturer the tests are repeated with three new samples, using successively each pole as neutral in turn.

For the test of single-pole and two-pole RCBOs, the ~~auxiliary switch A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation for the opening operations are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

The sequence of operations shall be as specified in 9.12.11.2.1.

For three-pole and four-pole RCBOs, random point-on-wave testing is acceptable.

9.12.11.4 Test above 1 500 A

- a) Ratio between service short-circuit capacity and rated short-circuit capacity (factor k)

The ratio between the service short-circuit capacity and the rated short-circuit capacity shall be in accordance with Table 22.

Table 22 – Ratio between service short-circuit capacity (I_{cs}) and rated short-circuit capacity (I_{cn}) – (factor k)

I_{cn}	k
$\leq 6\,000\text{ A}$	1
$> 6\,000\text{ A}$ $\leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$> 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Minimum value of I_{cs} : 6 000 A.	
^b Minimum value of I_{cs} : 7 500 A.	

- b) Test at service short-circuit capacity (I_{cs})

- 1) The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3, with a power factor in accordance with Table 21.

When the supply and load terminals of the RCBOs under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

- 2) For single-pole and two-pole RCBOs the sequence of operations is:

O – t – O – t – CO

For the "O" operations, the ~~auxiliary switch A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed at the point 0° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 45° for the second "O" operation on the first sample; for the second sample, the two "O" operations shall be synchronized at 15° and 60° and for the third sample at 30° and 75°.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

This test procedure is shown in Table 23.

Table 23 – Test procedure for I_{cs} in the case of single- and two-pole RCBOs

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

- 3) For three-pole and four-pole RCBOs the sequence of operations is:

O – t – CO – t – CO

For the "O" operations, the ~~auxiliary switch A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on any point x° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 60° for the "O" operation on the second sample and by a further 60° for the "O" operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$. The same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization for the different samples.

This test procedure is shown in Table 24.

Table 24 – Test procedure for I_{cs} in the case of three- and four-pole RCBOs

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

c) Test at rated short-circuit capacity (I_{cn})

The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2.

When the supply and load terminals of the RCBOs under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

The sequence of operations is:

O – t – CO

For the "O" operations, the ~~auxiliary switch A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 15° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 30° for the "O" operation on the second sample and by a further 30° for the "O" operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

For three- and four-pole RCBOs, the same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization.

The test procedure is shown in Table 25.

Table 25 – Test procedure for I_{cn}

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

9.12.12 Verification of the RCBO after short-circuit test

9.12.12.1 After each of the tests according to 9.12.11.2 or 9.12.11.3 or 9.12.11.4 b), the RCBOs shall show no damage impairing their further use and shall be capable, without maintenance, withstanding the following tests:

- leakage current across open contacts, according to 9.7.7.3;
- dielectric strength tests according to 9.7.3 carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit test at a voltage of 500 V less the value prescribed and without humidity treatment.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in item a) of 9.7.2, it shall be verified that the indicating means show the open position and during the test carried out under the condition specified in item b) of 9.7.2 the indicating means shall show the closed position.

Moreover, after the tests of 9.12.11.3 or 9.12.11.4 b), RCBOs shall not trip when a current equal to 0,85 times the conventional non-tripping current is passed through all poles for the conventional time, starting from cold.

At the end of this verification the current is steadily increased within 5 s to 1,1 times the conventional tripping current.

The RCBOs shall trip within the conventional time.

The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

9.12.12.2 After the tests according to 9.12.11.4.c), the polyethylene foil shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification and the RCBOs shall show no damage impairing their further use and shall, without maintenance, withstand the following tests.

- a) Leakage current across open contacts, according to 9.7.7.3.
- b) Dielectric strength tests according to 9.7.3, carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit tests at a voltage of 900 V and without previous humidity treatment.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in 9.7.2 a), it shall be verified that the indicating means show the open position, and during the test carried out under the conditions specified in 9.7.2 b) the indicating means shall show the closed position.

- c) Moreover the RCBOs shall trip within the time corresponding to the test c) of Table 10 when a current equal to $2,8 I_n$ is passed through all poles, the lower time limit being 0,1 s instead of 1 s.

9.12.13 Verification of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

This test is intended to verify the ability of the RCBOs to make, to carry for a specified time and to break residual short-circuit currents.

9.12.13.1 Test procedure

The RCBO shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.12.1, but connected in such a manner that the short-circuit current is a residual current.

The test is performed on each pole in turn excluding the pole marked N, if any. For the purpose of this test, the impedance Z_1 shall not be used, the circuit being left open.

The current paths which do not carry the residual short-circuit current are connected to the supply voltage at their line terminals.

The auxiliary switch S_1 remains closed during this test.

In the case of RCBOs according to 4.1.2.1, in order to permit the breaking operations to be made, it is necessary either to position the ~~device-A~~ making switch T making the short-circuit on the load side of the RCBO or to insert an additional short-circuit making device in that position.

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO.

For the breaking operation the ~~auxiliary switch-A~~ making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the point of initiation is $45^\circ \pm 5^\circ$.

The same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization for the different samples.

9.12.13.2 Verification of the RCBO after residual current making and breaking test

After the test carried out in accordance with 9.12.13.1, the RCBO shall show no damage impairing its further use and shall be capable, without maintenance, of

- complying with the requirements of 9.7.3, but at a voltage equal to twice its rated voltage, for 1 min, without previous humidity treatment, and
- making and breaking its rated current at its rated voltage.

Under the condition of 9.9.1.2 c) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole, taken at random, without measurement of break time.

The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

In addition RCBOs functionally dependent on line voltage shall be capable to satisfy the test of 9.17, if applicable.

9.13 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.13.1 Mechanical shock

9.13.1.1 Test device

The RCBO is subjected to mechanical shocks using an apparatus as shown in Figure 14. A wooden base A is fixed to a concrete block and a wooden platform B is hinged to A. This platform carries a wooden board C, which can be fixed at various distances from the hinge and in two vertical positions. The end of B bears a metal stop-plate D which rests on a coiled spring having a flexion constant of 25 N/mm.

The RCBO is secured to C in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from B, C being in turn so fixed that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in the figure.

On C, opposite to the mounting surface of the RCBO, an additional mass is fixed so that the static force on D is 25 N, in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.13.1.2 Test procedure

With the RCBO in the closed position, but not connected to any electrical source, the platform is lifted at its free end and then allowed to fall 50 times from a height of 40 mm, the interval between consecutive falls being such that the sample is allowed to come to rest.

The RCBO is then secured to the opposite side of C, and B is again allowed to fall 50 times as before.

After this test C is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the RCBO is 200 mm from the hinge.

B is then allowed to fall 50 times, as before, with the RCBO on one side of C, and 50 times with the RCBO on the opposite side.

Before each change of position the RCBO is manually opened and closed.

During the tests the RCBO shall not open.

9.13.2 Mechanical impact

Compliance is checked on those exposed parts of the RCBO mounted as for normal use (see note in 8.2), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.13.2.1, for all types of RCBO and, in addition, by the tests of

- 9.13.2.2 for RCBOs intended to be mounted on a rail;
- 9.13.2.3 for plug-in type RCBOs.

NOTE RCBOs intended to be totally enclosed only are not submitted to this test.

9.13.2.1 The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown in Figures 15 to 17.

The head of the striking element has a hemispherical face of radius 10 mm and is of polyamide having a Rockwell hardness of HR 100. The striking element has a mass of $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,002\,5\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM specification D 785-65 (1970).

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type RCBOs are mounted on a sheet of plywood, $175\text{ mm} \times 175\text{ mm}$, 8 mm thick, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 17.

The mounting support shall have a mass of $10\text{ kg} \pm 1\text{ kg}$ and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type RCBOs are mounted in a test device, as shown in Figure 18, which is fixed to the mounting support.

Panel mounting-type RCBOs are mounted in a test device, as shown in Figure 19, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type RCBOs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the test devices according to Figure 18 or 19, as applicable.

RCBOs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support, as shown in Figure 20.

The design of the test apparatus is such that:

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;
- the plywood can be turned about a vertical axis.

The RCBO, with its covers, if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate test device, as applicable, so that the point of impact lies in the vertical plane through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 14.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the RCBO is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact.

The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element should be the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each RCBO is subjected to 10 blows, two of them being applied to the operating means and the remainder being evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60°, about a vertical axis, and two blows each approximately midway between the side blow on a lateral side and the blows on the operating means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about its axis perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

The two blows on the operating means shall be applied: one when the operating means is in the ON position and the other when the operating means is in the OFF position.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this standard. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the RCBO, operating means, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such a damage.

In case of doubt, it is verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.1.3 as well as small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

When testing RCBOs designed for screw fixing as well as for rail mounting the test is made on two sets of RCBOs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.13.2.2 RCBOs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied in one smooth and continuous motion for 1 min on the forward surface of the RCBO, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 20).

During this test the RCBO shall not become loose and after the test the RCBO shall show no damage impairing its further use.

9.13.2.3 Plug-in type RCBOs

NOTE Additional tests are under consideration.

9.14 Test of resistance to heat

9.14.1 The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

During the test the samples shall not undergo any change impairing their further use, and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally non-accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Under the test condition of 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. Only one test is made, on one pole taken at random, without measurement of break time.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this standard.

9.14.2 External parts of RCBOs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts, or parts, of the protective circuit, are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 21. Insulating parts necessary to retain in position terminals for protective conductors in a box, shall be tested as specified in 9.14.3.

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position. A steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.14.3 External parts of RCBOs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.14.2, but the test is made at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is the higher.

NOTE For the purpose of the tests of 9.14.2 and 9.14.3, bases of surface-type RCBOs are considered as external parts.

The tests of 9.14.2 and 9.14.3 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.14.2 and 9.14.3 are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to 9.14.2 or 9.14.3 as applicable.

9.15 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed **on a complete RCBO** in accordance with ~~Clauses 4 to 8 of IEC 60695-2-10:2000~~ under the following conditions:

- for external parts of RCBOs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type RCBOs are considered as external parts.

If insulating parts within the above groups are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts or to ensure that a part of the insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

~~The test is made on one sample.~~

~~In case of doubt, the test shall be repeated on two further samples.~~

~~The test is made by applying the glow wire once.~~

~~The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).~~

~~The tip of the glow wire shall be applied to the specified surface of the test sample taking into account the conditions of the intended use under which a heated or glowing element may come into contact with the sample.~~

~~The test is made on three samples, points of application of glow wire test being different from one sample to another one.~~

~~The glow wire cannot be applied directly to terminals area or arc chamber or magnetic tripping device area, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever getting in touch with the glow-wire. In this situation the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.~~

~~The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).~~

~~If an internal part of insulation material influences the test with a negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. Then, the glow wire test shall be repeated at the same place on this new sample.~~

In accordance with the manufacturer, it is acceptable as an alternative method to remove the part under examination in its entirety and test it separately (see IEC 60695-2-11:2000, Clause 4).

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if

- either there is no visible flame and no sustained glowing,
- or flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pine wood board.

9.16 Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage

- a) The RCBO being supplied with a voltage equal to 0,85 times the rated voltage, the test device is momentarily actuated 25 times at intervals of 5 s, the RCBO being reclosed before each operation.
- b) Test a) is then repeated at 1,1 times the rated voltage.
- c) Test b) is then repeated, but only once, the operating means of the test device being held in the closed position for 30 s.

For each test the RCBO shall operate. After the test, the sample shall show no change impairing its further use.

In order to check that the ampere-turns due to the actuation of the test device are less than 2,5 times the ampere-turns produced by a residual current equal to $I_{\Delta n}$ at the rated voltage, the impedance of the circuit of the test device is measured and the test current is calculated, taking into account the configuration of the circuit of the test device.

If, for such verification, the dismantling of the RCBO is necessary, a separate sample shall be used.

NOTE The verification of the endurance of the test device is considered as covered by the tests of 9.10.

9.17 Verification of the behaviour of RCBOs functionally dependent on line voltage, classified under 4.1.2.1, in case of failure of the line voltage

NOTE Verification of the value of U_y (see 3.4.21.2) is not considered in this standard.

9.17.1 Determination of the limiting value of the line voltage (U_x)

A voltage equal to the rated voltage is applied to the line terminals of the RCBO and is then progressively lowered so as to attain zero within a period of about 30 s or within a period long enough with respect to the opening with delay, if any (see 8.12), whichever is the longer, until automatic opening occurs.

The corresponding voltage is measured.

Five measurements are made.

All the values measured shall be less than 0,85 times the rated voltage (or, if relevant, 0,85 times the minimum value of the range of rated voltages).

At the end of these measurements, it shall be verified that the RCBO operates in accordance with Table 2 when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is applied in the case of a drop in line voltage, under the conditions specified in this subclause, until automatic opening occurs, the applied voltage being just above the highest value measured.

Then it shall be checked that for any value of the line voltage less than the lowest value measured, it shall not be possible to close the apparatus by the manual operating means.

9.17.2 Verification of the automatic opening in case of failure of the line voltage

The RCBO is supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having a value within its range of rated voltages) and is closed.

The line voltage is then switched off.

The time interval between the switching off and the opening of the main contacts is measured.

Five measurements are made:

- a) for RCBOs opening without delay: no value shall exceed 0,5 s;
- b) for RCBOs opening with delay: the maximum and the minimum values shall be situated within the range indicated by the manufacturer.

9.17.3 Verification of the correct operation, in presence of a residual current, for RCBOs opening with delay in case of failure of the line voltage

The RCBO is connected according to Figure 4 and is supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).

All phases but one are then switched off by means of the switch S_3 .

During the delay (see Table 11) indicated by the manufacturer, the RCBO is submitted to the tests of 9.9.1.2, the closing and subsequent opening of switch S_3 being required before each measurement.

NOTE The test of 9.9.1.2 a) is only made if the delay is greater than 30 s.

9.17.4 Verification of correct operation of RCBOs with three or four current paths, in presence of a residual current, the neutral and one line terminal only being energized

In the case of RCBOs with three or four current paths (see 4.3) a test is made in accordance with 9.9.1.2 c), but with the neutral and one line terminal only being energized, connections being made in accordance with Figure 4.

The test is repeated with each of the other lines in turn.

9.17.5 Verification of the reclosing function of automatically reclosing RCBOs

Under consideration.

~~9.18 Verification of the limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCBO-Void~~

~~NOTE 1—For RCBOs having multiple settings, the test is made at the lowest setting.~~

~~The RCBO is connected according to Figure 22, the test switch S_1 being open.~~

~~The resistance R is adjusted so as to obtain a current equal to 0,8 times the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C, or D, as applicable.~~

~~NOTE 2—For the purpose of this current adjustment, the RCBO may be replaced by connections of negligible impedance.~~

~~The test switch S_{1T} being initially open, is closed and re-opened after 1 s.~~

~~The test is repeated three times for each possible combination of the current paths, the interval between two successive closing operations being at least 1 min.~~

~~The RCBO shall not open.~~

~~RCBOs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).~~

9.19 Verification of behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages

9.19.1 Current surge test for all RCBOs (0,5 μ s/100 kHz ring wave test)

The RCBO is tested using a surge generator capable of delivering a damped oscillator current wave as shown in Figure 26. An example of a circuit diagram for the connection of the RCBO is shown in Figure 27.

One pole of the RCBO, chosen at random, shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional RCBO of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, to meet the following requirements:

- peak value: $200 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
or $25 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$
- virtual front time: $0,5 \text{ } \mu\text{s} \pm 30 \%$
- period of the following oscillatory wave: $10 \text{ } \mu\text{s} \pm 20 \%$
- each successive reverse peak: about 60 % of the preceding peak

During the tests, the RCBO shall not trip. After the ring wave test, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c) at $I_{\Delta n}$ only with the measurement of the tripping time.

NOTE Test procedures and relevant test circuits for RCBOs with integral or incorporated overvoltage protection are under consideration.

9.19.2 Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 μ s surge current test)

9.19.2.1 Test conditions

The RCBO is tested using a current generator capable of delivering a damped surge current 8/20 μ s (IEC 60060-2) as shown in Figure 28. An example of a test circuit for the connection of the RCBO is shown in Figure 29.

One pole of the RCBO, chosen at random, shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge current wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional RCBO of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, to meet the following requirements:

- peak value: $3\,000\text{ A }^{+10}_{0}\%$
- virtual front time: $8\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- virtual time to half value: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- peak of reverse current: less than 30 % of peak value

The current should be adjusted to the asymptotic current shape. For the tests on other samples of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, the reverse current, if any, should not exceed 30 % of the peak value.

9.19.2.2 Test results for S-type RCBOs

During the tests, the RCBO shall not trip.

After the surge current tests, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c), at $I_{\Delta n}$ only, with the measurement of the break time.

9.19.2.3 Test results for RCBOs of the general type

During the tests, the RCBO may trip. After any tripping, the RCBO shall be re-closed.

After the surge current tests, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c), at $I_{\Delta n}$ only, with the measurement of the break time.

9.20 ~~Verification of resistance of the insulation against an impulse voltage~~-Void

~~The test is carried out on an RCBO fixed on a metal support, wired as in normal use and in the closed position.~~

~~The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of $1,2\text{ }\mu\text{s}$ and a time to half value of $50\text{ }\mu\text{s}$, the tolerances being:~~

- ~~— $\pm 5\%$ for the peak value;~~
- ~~— $\pm 30\%$ for the front time;~~
- ~~— $\pm 20\%$ for the time to half value.~~

~~A first series of tests is made at an impulse voltage of 6 kV peak, the impulses being applied between the phase pole(s), connected together, and the neutral pole (or path) of the RCBO.~~

~~A second series of tests is made at an impulse voltage of 8 kV peak, the impulses being applied between the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any, and the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together.~~

~~The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value of $500\text{ }\Omega$.~~

~~NOTE 1— A substantial reduction of this value is under consideration.~~

~~NOTE 2— The values of 6 kV and 8 kV are provisional.~~

~~In both cases, five positive impulses and five negative impulses are applied, the interval between consecutive impulses being at least 10 s.~~

~~No unintentional disruptive discharge shall occur.~~

~~If, however, only one such disruptive discharge occurs, 10 additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.~~

~~No further disruptive discharge shall occur.~~

~~NOTE 3—The expression "unintentional disruptive discharge" is used to cover the phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, which include a drop in the voltage and the flowing of current.~~

~~NOTE 4—Intentional discharges cover discharges of any incorporated surge arresters.~~

~~The shape of the impulses is adjusted with the RCBO under test connected to the impulse generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used.~~

~~Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.~~

~~For oscillations in the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.~~

9.21 Verification of correct operation of residual currents with d.c. components ~~Void~~

~~The test conditions of 9.9.1.1 and 9.9.1.5 apply, except that the test circuits shall be those shown in Figures 5 and 6, as applicable.~~

9.21.1 Type A residual current devices

~~For RCBOs having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at the lowest and highest frequency.~~

9.21.1.1 Verification of correct operation in case of a continuous rise of residual pulsating direct current

~~The test shall be performed according to Figure 5.~~

~~The auxiliary switches S_1 and S_2 and the RCBO D shall be switched on. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° and 135° are obtained. Each pole of the RCBO shall be tested twice at each of the current delay angles, in position I as well as in position II of the auxiliary switch S_3 .~~

~~For each test the current shall be steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n}/30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, and at an approximate rate of $2 I_{\Delta n}/30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, starting from zero. The tripping current and the relevant break time shall be in accordance with Table 26.~~

Table 26 — Tripping current ranges for type A RCBOs

Angle, α °	Tripping current A	
	Lower limit $I_{\Delta n}$	Upper limit $I_{\Delta n}$
0	0,35	} 1,4 or 2 (5.3.8)
90	0,25	
135	0,11	

9.21.1.2 Verification of the correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents

~~The RCBO shall be tested according to Figure 5.~~

~~The circuit being successively calibrated at the values specified hereafter and the auxiliary switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the switch S_2 .~~

~~The test is carried out at each value of residual current specified in Table 3, according to the type of RCBO.~~

~~Two measurements of break time are made at each value of $I_{\Delta n}$ at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$, with the auxiliary switch S_3 in position I for the first measurement and in position II for the second measurement.~~

~~No value shall exceed the specified limiting values.~~

~~9.21.1.3 Verification at the reference temperature of the correct operation with load~~

~~The tests of 9.21.1.1 are repeated, the pole under test and one other pole of the RCBO being loaded with the rated current, this current being established shortly before the test.~~

~~NOTE—The loading with rated current is not shown in Figure 5.~~

~~9.21.1.4 Verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current of 0,006 A~~

~~The RCBO shall be tested according to Figure 6 with a half-wave rectified residual current (current delay angle $\alpha = 0^\circ$) superimposed by a smooth direct current of 0,006 A.~~

~~Each pole of the RCBO is tested in turn, twice at each of positions I and II.~~

~~The half-wave current I_{17} , starting from zero, being steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n}/30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A and $2 I_{\Delta n}/30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, the device shall trip before this half-wave current I_{17} reaches a value not exceeding $1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$ respectively.~~

9.22 Verification of reliability

Compliance is checked by the tests of 9.22.1 and 9.22.2.

For RCBOs having multiple settings the tests shall be made at the lowest setting.

9.22.1 Climatic test

The test is based on IEC 60068-2-30 taking into account IEC 60068-3-4.

9.22.1.1 Testing chamber

The chamber shall be constructed as stated in Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and not used again until it has been repurified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than 500 Ωm and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test, the resistivity should be not less than 100 Ωm and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.22.1.2 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: $55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- number of cycles : 28.

9.22.1.3 Test procedure

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005 and with IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the RCBO to the test according to 9.9.1.2 c), but only at $I_{\Delta n}$.

b) Conditioning

- 1) The RCBO mounted and wired as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position.

- 2) Stabilizing period (see Figure 23)

The temperature of the RCBO shall be stabilized at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- i) either by placing the RCBO in a separate chamber before introducing it into the test chamber;
- ii) or by adjusting the temperature of the test chamber to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ after the introduction of the RCBO and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits prescribed for standard atmospheric conditions for testing (see Table 6).

During the final hour, with the RCBO in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description of the 24 h cycle (see Figure 24)

- i) The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.22.1.2.

The upper temperature shall be achieved in a period of $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area in Figure 24.

During this period, the relative humidity shall not be less than 95 %. Condensation shall occur on the RCBO during this period.

NOTE The condition that condensation should occur implies that the surface temperature of the RCBO is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 % if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

- ii) The temperature shall then be maintained at a substantially constant value within the prescribed limits of $\pm 2\text{ °C}$, for the upper temperature, for 12 h with a tolerance of $\pm 30\text{ min}$ from the beginning of the cycle.

During this period, the relative humidity shall be $93\% \pm 3\%$ except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the RCBO during the last 15 min.

- iii) The temperature shall then fall to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ within 3 h to 6 h. The rate of fall for the first 1 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 24, it would result in a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ being attained in $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

- iv) The temperature shall then be maintained at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ with a relative humidity not less than 95 % until the 24 h cycle is completed.

9.22.1.4 Recovery

At the end of the cycles the RCBO shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation are stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles the RCBO shall not trip.

9.22.1.5 Final verification

Under the test conditions specified in 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break time.

9.22.2 Test with temperature of 40 °C

The RCBO is mounted as for normal use on a dull black painted plywood wall, about 20 mm thick.

For each pole, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 13, is connected on each side of the RCBO, the terminal screws or nuts being tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 14. The assembly is placed in a heating cabinet.

The RCBO is loaded with a current equal to the rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch, the RCBO being not operated.

For four-pole RCBOs with three overcurrent protected poles, only the three protected poles are loaded.

For four-pole RCBOs with four overcurrent protected poles, only any three of these are loaded.

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples; this temperature rise shall not exceed 65 K.

After this test the RCBO in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

Under the conditions of tests specified in 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break time.

9.23 Verification of ageing of electronic components

The RCBO is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test the RCBO in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

Under the conditions of tests specified in 9.9.1.2 c), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random without measurement of break time.

NOTE An example of the test circuit for this verification is given in Figure 25.

9.24 Electromagnetic compatibility (EMC)

9.24.1 Tests covered by the present standard

~~EMC tests shall be performed according to IEC 61543 as follows:~~

~~NOTE Tests listed in Table 27 are covered by the present standard and need not to be repeated.~~

Table 27 – Tests ~~to be applied for EMC~~ covered by this standard

Reference to Tables 4 and 5 of IEC 61543:1995 and Amendment 1:2004	Electromagnetic phenomena	Tests of IEC 61009-1
T 1.3	Voltage amplitude variations	9.9.1.54 and 9.17
T 1.4	Voltage unbalance	9.9.1.54 and 9.17
T 1.5	Power-frequency variations	9.2
T 1.8	Magnetic fields	9.12 ~~and 9.18~~
T 2.4	Current oscillatory transients	9.19

9.24.2 Additional tests

~~The remaining tests in Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543:1995~~ Tests listed in Table 29 shall be carried out according to the test sequences H, I and J listed in Annex A of ~~this~~ the present standard.

Table 29 – Test to be carried out according to IEC 61543

Reference to Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543: 1995 and Amendment 1: 2004	Electromagnetic phenomena
T1.1	Harmonics, interharmonics
T1.2	Signalling voltage
T2.3	Surges
T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
T2.5	Radiated electromagnetic field
T2.2	Fast transients (burst)
T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
T3.1	Electrostatic discharges

For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of IEC 61543.

9.25 Test of resistance to rusting

All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE 1 Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.

NOTE 2 When using the liquid specified for the test, adequate precautions should be taken to prevent inhalation of the vapour.

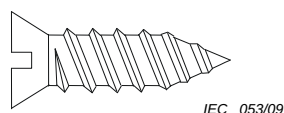


Figure 1 – Thread-forming tapping screw (3.6.10)

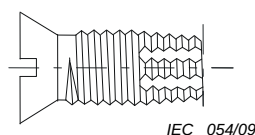
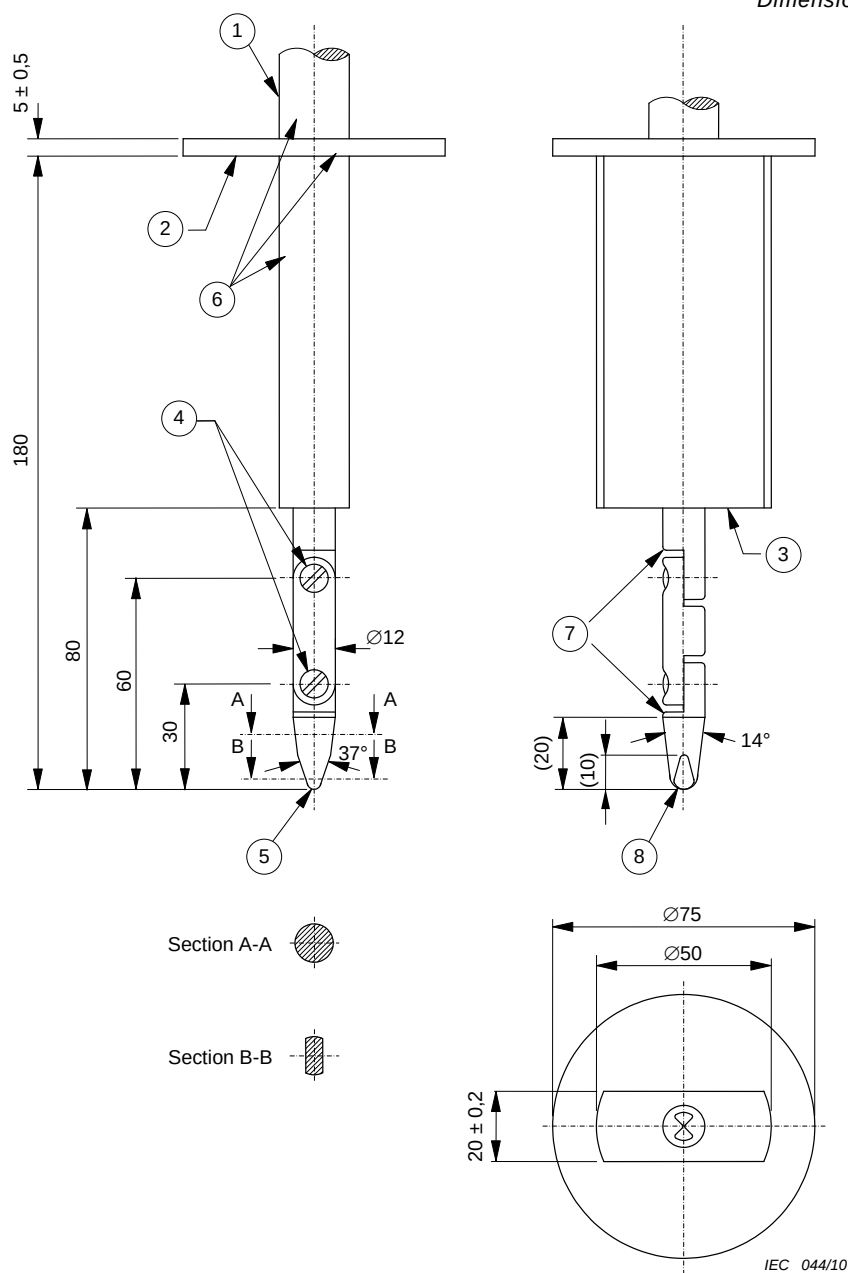


Figure 2 – Thread-cutting tapping screw (3.6.11)

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

5	R2 ± 0,05 cylindrical
6	Insulating material
7	Chamfer all edges
8	R4 ± 0,05 spherical

Material : metal, except where otherwise specified

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles: $\begin{matrix} 0 \\ -10 \end{matrix}$

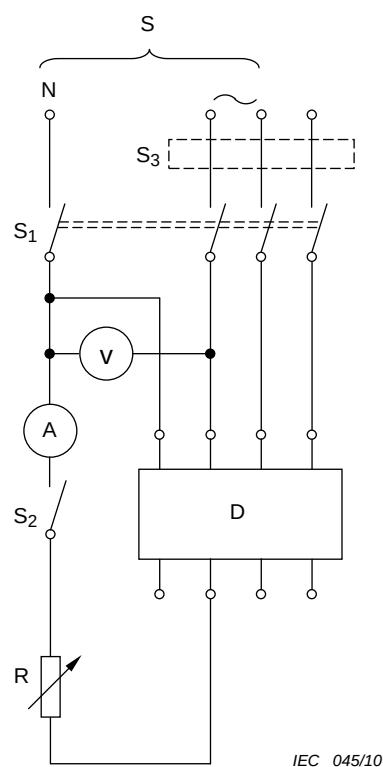
on linear dimensions:

up to 25 mm: 0
- 0,05

over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of $\begin{matrix} +10^{\circ} \\ 0 \end{matrix}$.

Figure 3 – Jointed test finger (9.6)



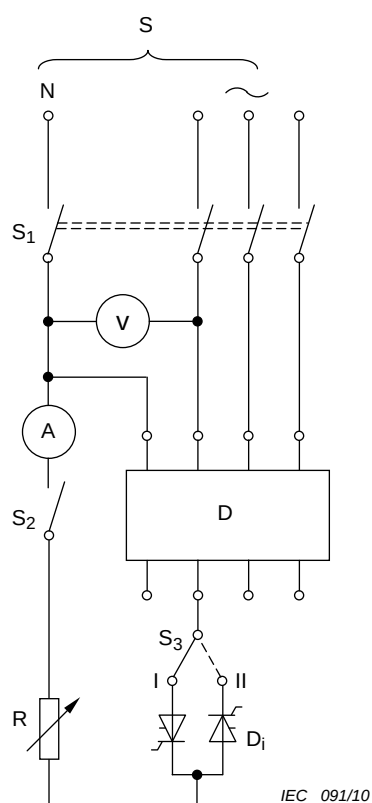
Key

S	Supply
V	Voltmeter
A	Ammeter
S ₁	All-pole switch
S ₂	Single-pole switch
S ₃	Switch operating all phases but one
D	RCBO under test
R	Variable resistor

NOTE S₃ remains closed except for the test of 9.17.3.

Figure 4 – Test circuit for the verification of

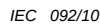
- operating characteristics (9.9.1)
- trip-free mechanism (9.11)
- behaviour in case of failure of line voltage (9.17.3 and 9.17.4)
for RCBOs functionally dependent on line voltage



Key

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter (measuring r.m.s. values)
- D RCBO under test
- D_i Thyristors
- R Variable resistor
- S₁ All-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ Two-way switch

Figure 5 – Test circuit for the verification of the correct operation of RCBOs, in the case of residual pulsating direct currents



Key

S	Supply
V	Voltmeter
A	Ammeter (measuring r.m.s. values)
D	RCBO under test
D _i	Thyristors
R ₁ , R ₂	Variable resistors
S ₁	All-pole switch
S ₂	Single-pole switch
S ₃	Two-way, double pole switch

Figure 6 – Test circuit for the verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents in presence of a standing smooth direct current of 0,006 A

Explanation of letter symbols used in Figures 7, 8 and 9 to 12

N — Neutral conductor

S — Supply

Z — Adjustable impedance

D — RCBO under test

G_1 — Temporary connections for calibration

G_2 — Connections for the test with rated conditional short-circuit current

A — Device making the short-circuit

O_1 — Recording current sensor

O_2 — Recording voltage sensor

F — Device for the detection of a fault current

R_1 — Resistor for shunting reactor

R_2 — Resistor limiting the current in the device F

Z_1 — Additional adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current

Z_2 — Adjustable impedance for the calibration of I_{Δ}

S_1 — Auxiliary switch

B and C — Points of connection of the grid(s) shown in Annex C

N = Neutral conductor

S = Supply

R = Adjustable resistor(s)

Z = Impedance in each phase for the calibration of the rated conditional short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.

Z_1 = Adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current

Z_2 = Adjustable impedance for the calibration of I_{Δ}

D = Device under test

frame = All conductive parts normally earthed in service, including FE, if any

G_1 = Temporary connection(s) for calibration

G_2 = Connection(s) for the test with rated conditional short-circuit current

T = Making switch for the short-circuit

I_1, I_2, I_3 = Current sensor(s)
May be situated on the supply or on the load side of device under test, but always on the secondary side of the transformer

I_4 = Additional residual current sensor, if needed

U_{r1}, U_{r2}, U_{r3} = Voltage sensor(s)

F = Device for the detection of a fault current

R_1 = Resistance drawing a current of approximately 10 A

R_2 = Resistor limiting the current in the device F

r = Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current (see 9.12.2)

S_1 = Auxiliary switch

B and C = Points for the connections of the grid(s) shown in Annex C

L = Adjustable air cored inductance(s)

NOTE 1 The closing device T may alternatively be situated between the load side terminals of the device under test and current sensors I_1, I_2 and I_3 as applicable.

NOTE 2 The voltage sensors U_{r1}, U_{r2} and U_{r3} are connected between phase and neutral, as necessary.

NOTE 3 The adjustable load Z may be located at the high-voltage side of the supply circuit

NOTE 4 Resistances R_1 may be omitted with the agreement of the manufacturer.

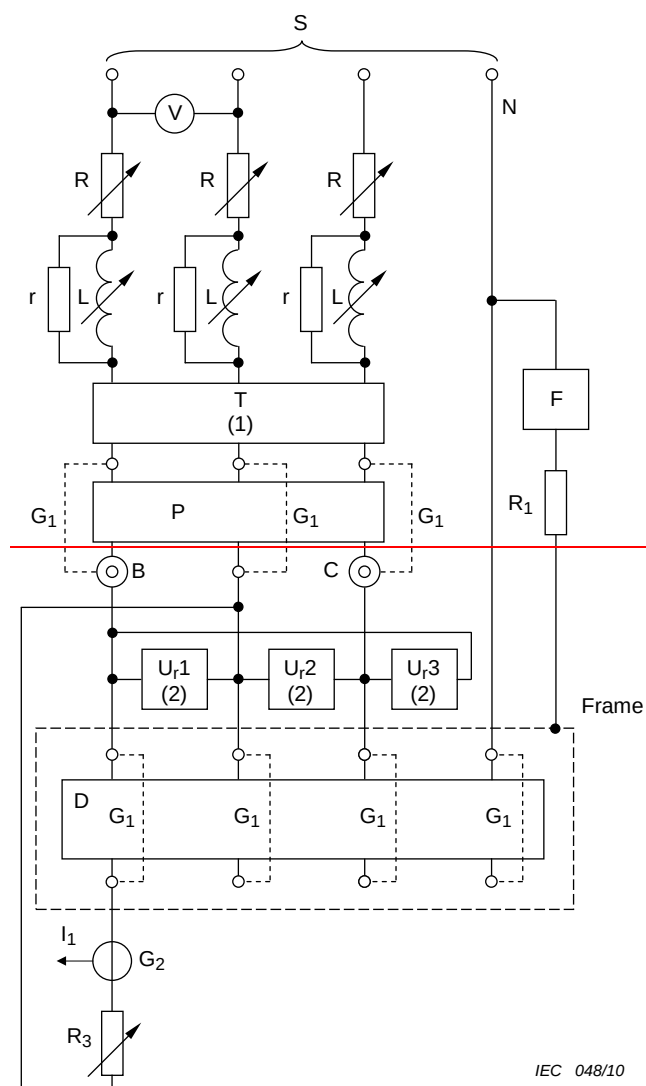
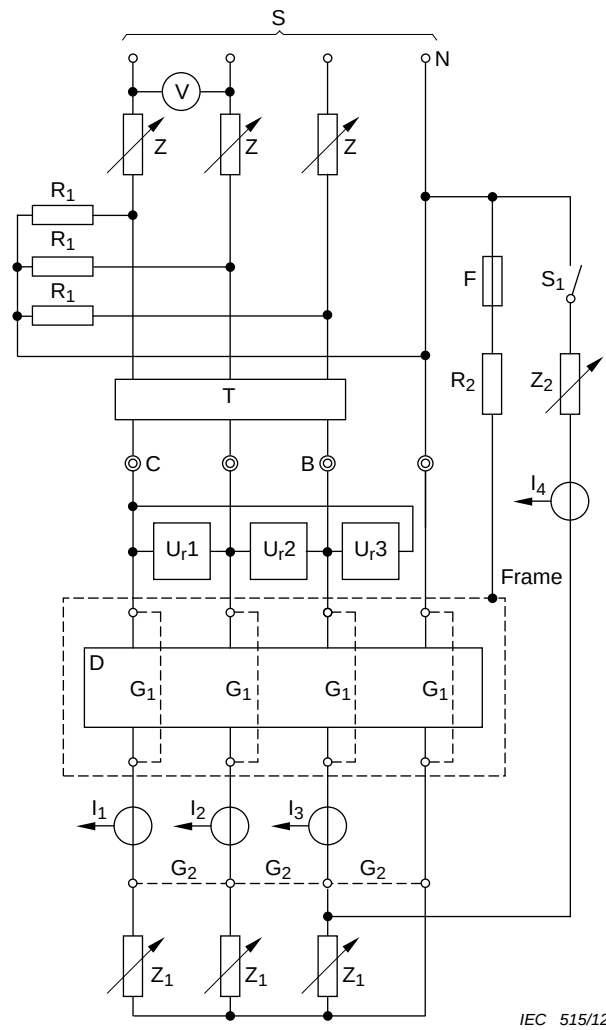


Figure 7 — Test circuit for the verification of the suitability of an RCBO for use in IT systems (9.12.11.2.2)



IEC 515/12

Figure 7 – Typical diagram for all short-circuit tests except for 9.12.11.2.2

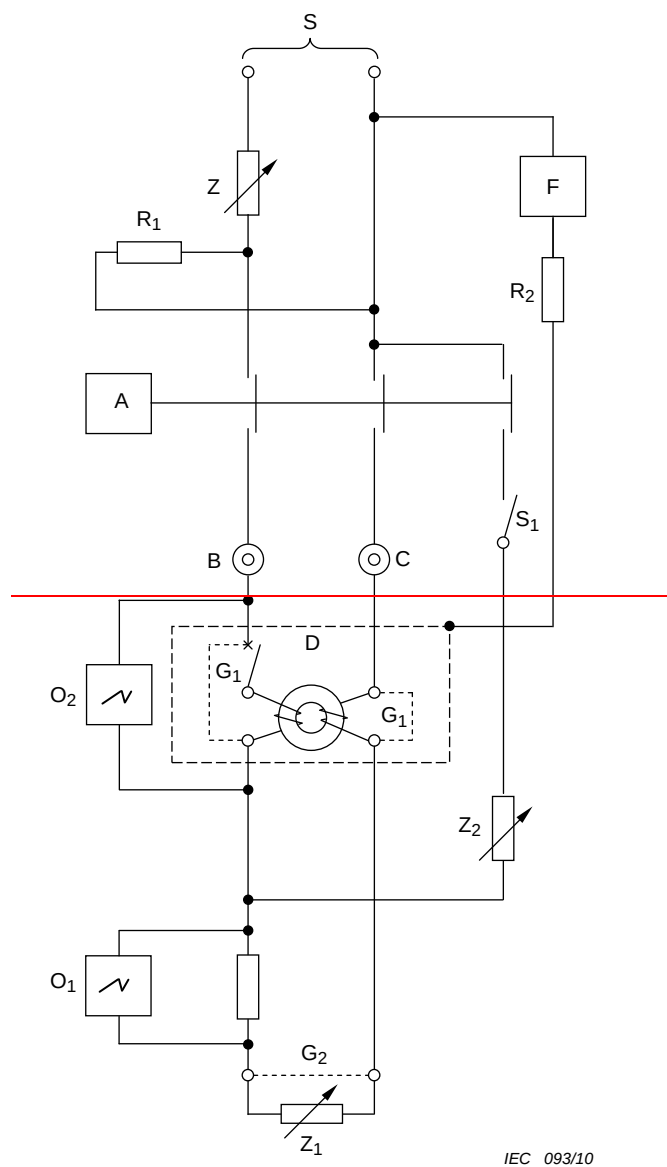
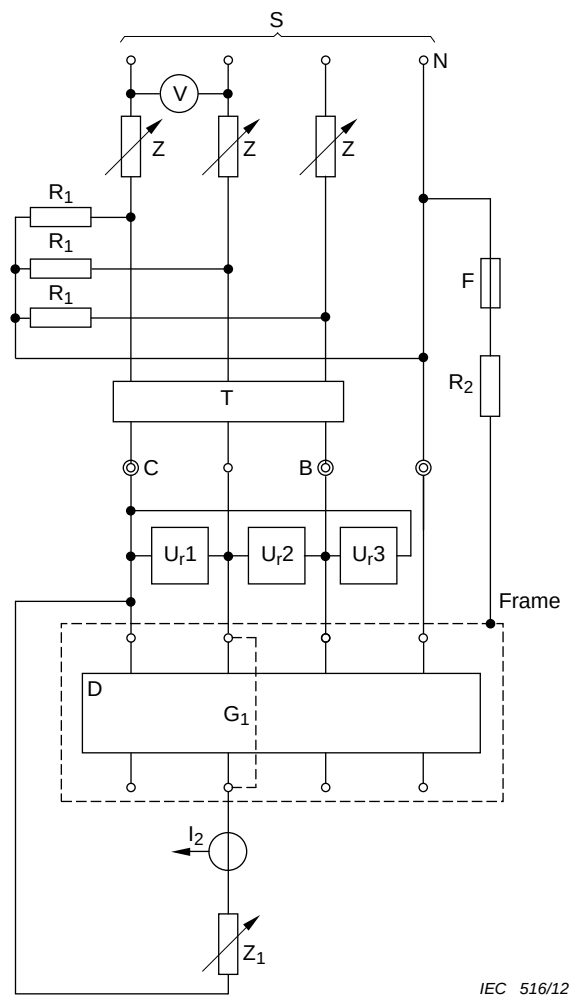
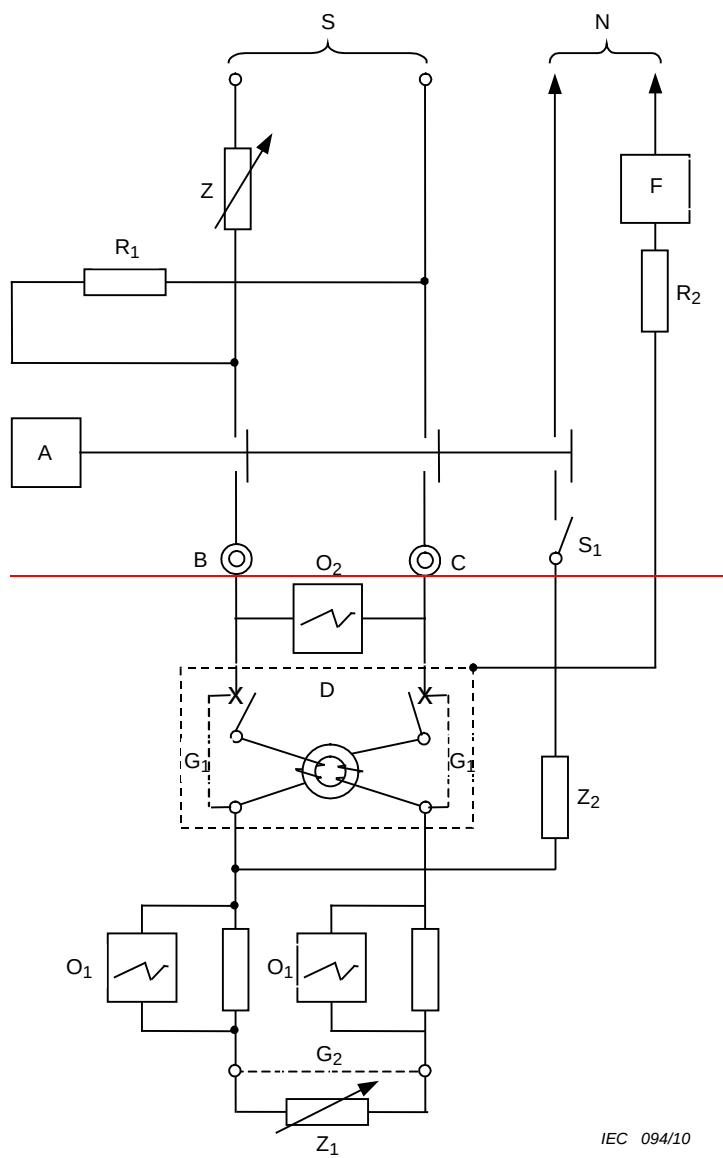


Figure 8 — Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a single-pole RCBO with two current paths (9.12)



IEC 516/12

Figure 8 – Typical diagram for short-circuit tests according to 9.12.11.2.2



~~Figure 9 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a two-pole RCBO, in case of a single-phase circuit (9.12)~~

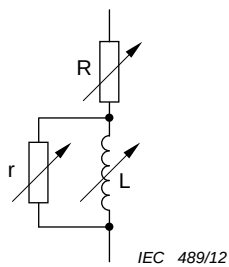
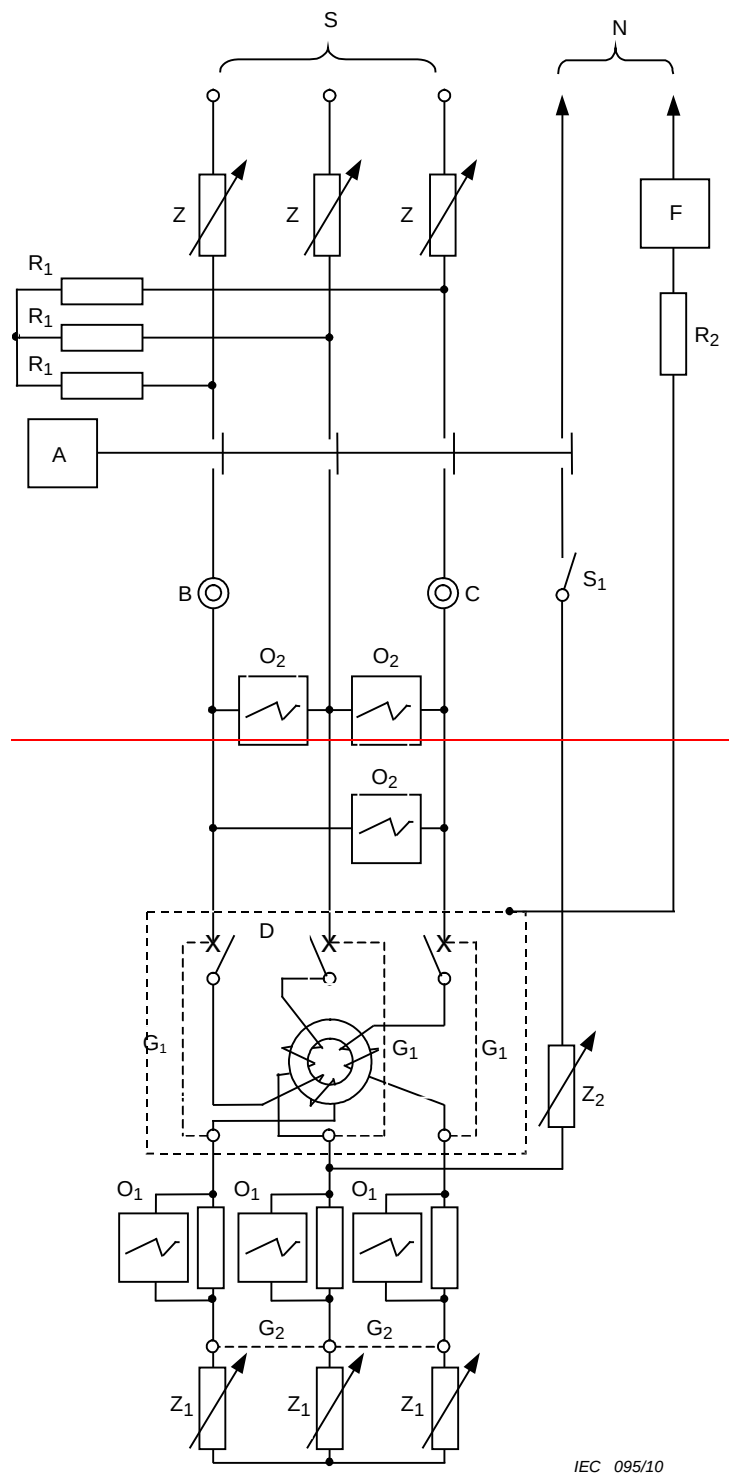


Figure 9 – Detail of impedances Z , Z_1 and Z_2



IEC 095/10

Figure 10 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a three-pole RCBO on a three-phase circuit (9.12) Void

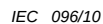
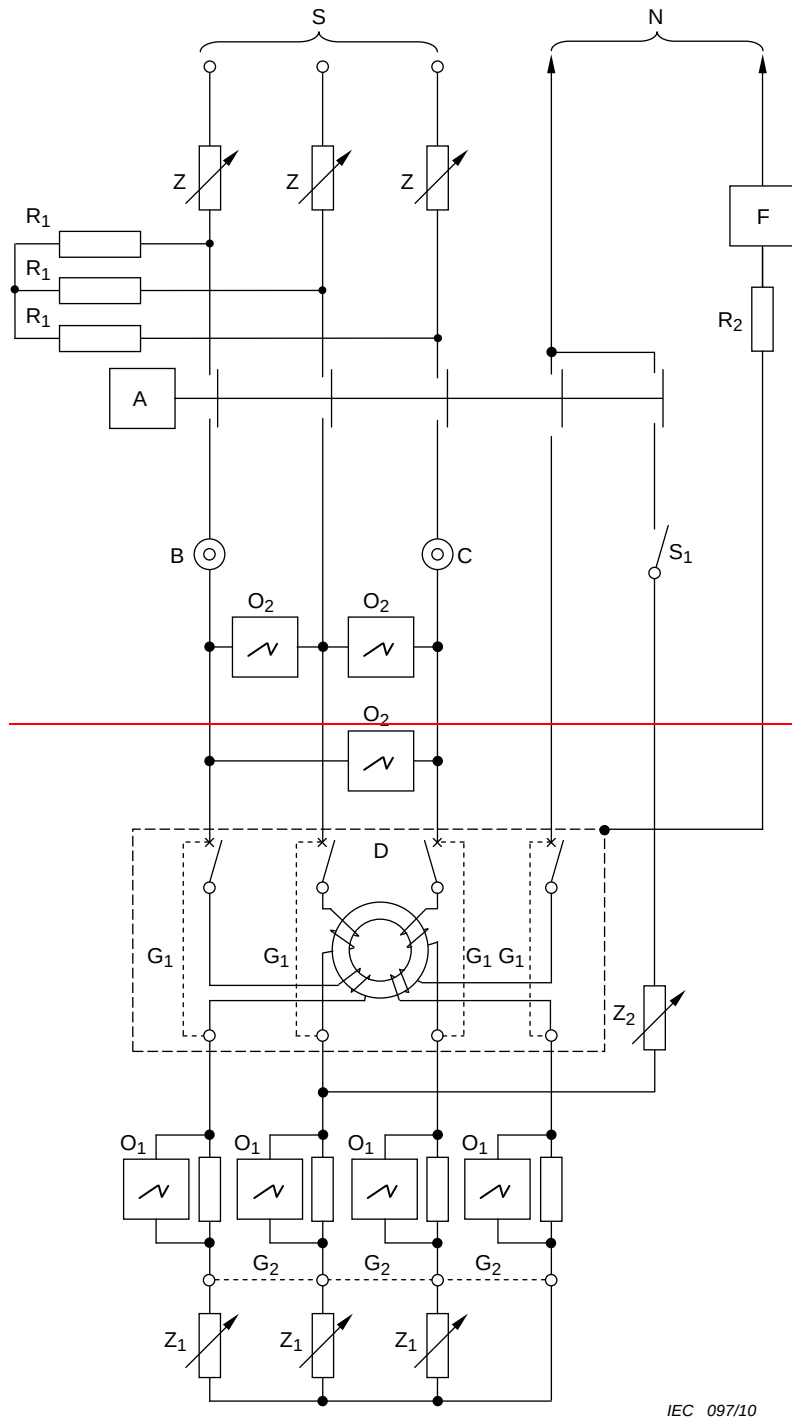
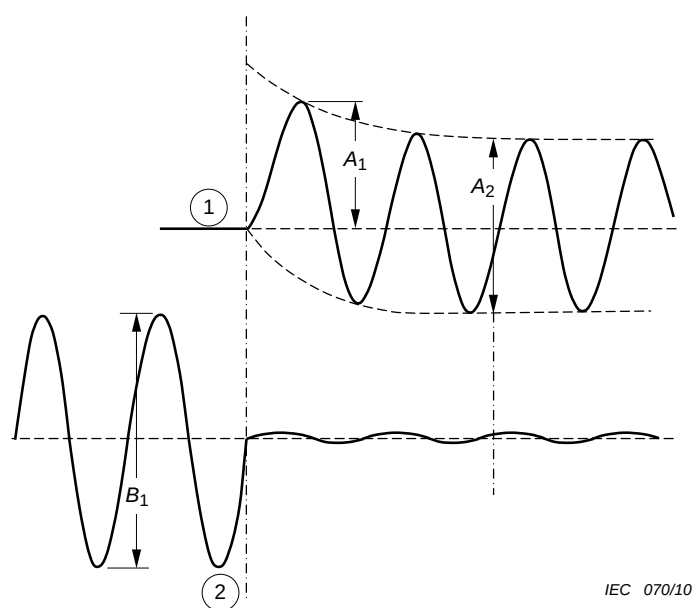


Figure 11 – ~~Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a three-pole RCBO with four current paths on a three-phase circuit with neutral (9.12) Void~~



IEC 097/10

Figure 12 – Test circuit for the verification of the rated short-circuit capacity of a four-pole RCBO on a three-phase circuit with neutral (9.12)-Void

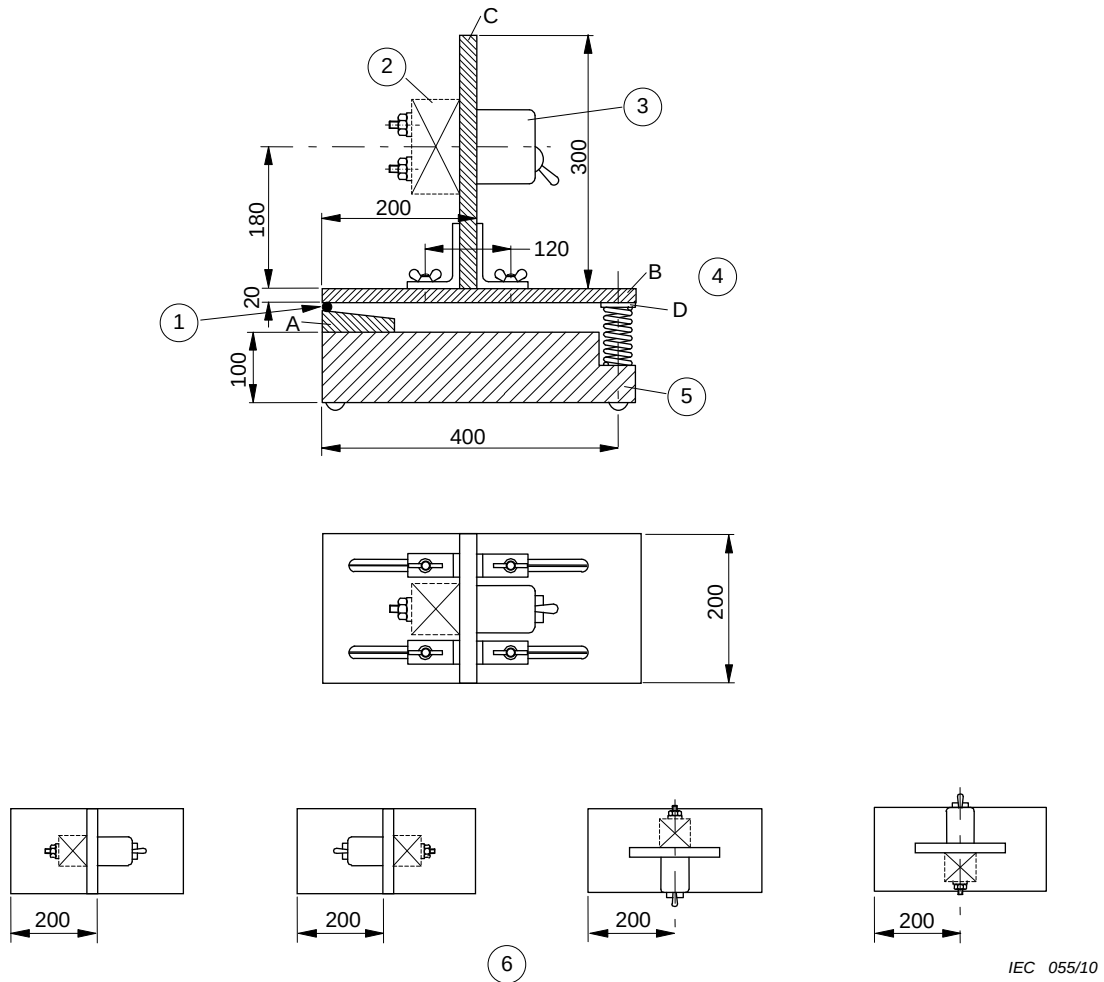


Key

- 1 Current
- 2 Voltage

Figure 13 – Example of calibration record for short-circuit test

Dimensions in millimetres

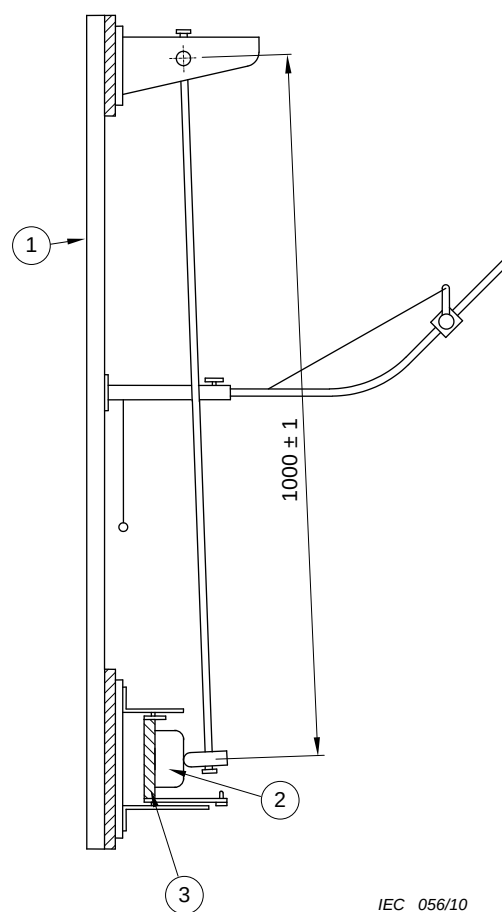


Key

- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 14 – Mechanical shock test apparatus (9.13.1)

Dimensions in millimetres

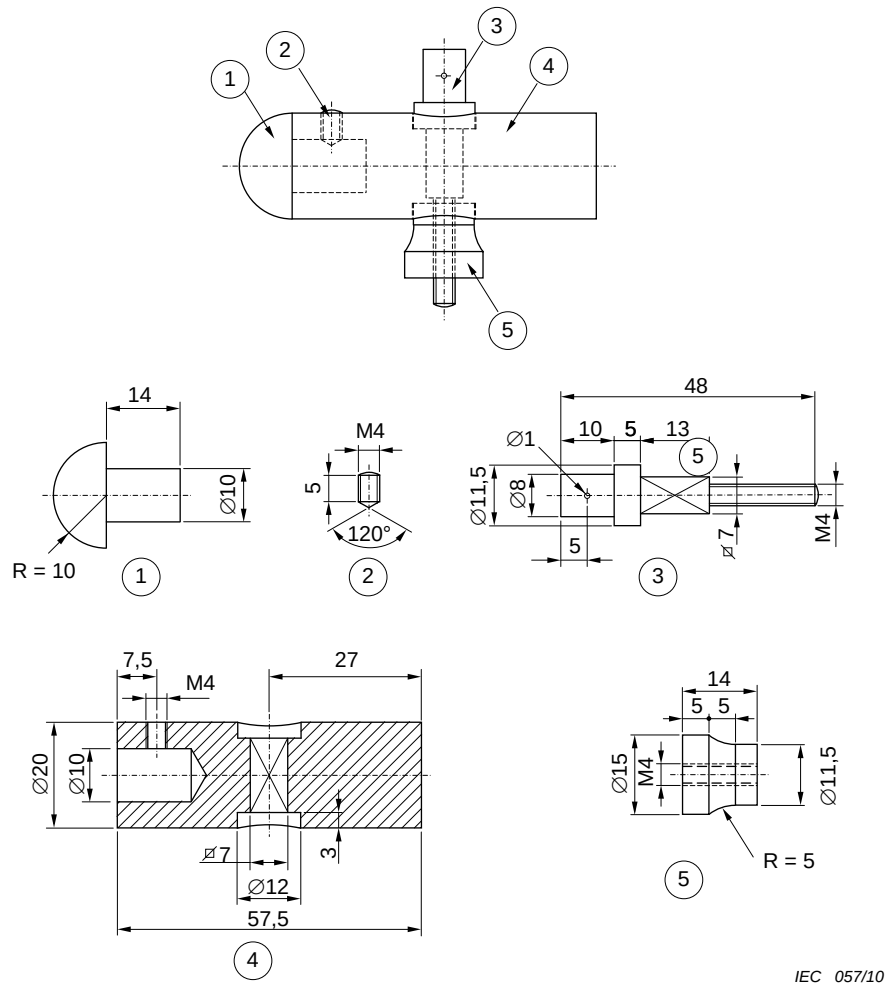


Key

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 15 – Mechanical impact test apparatus (9.13.2.1)

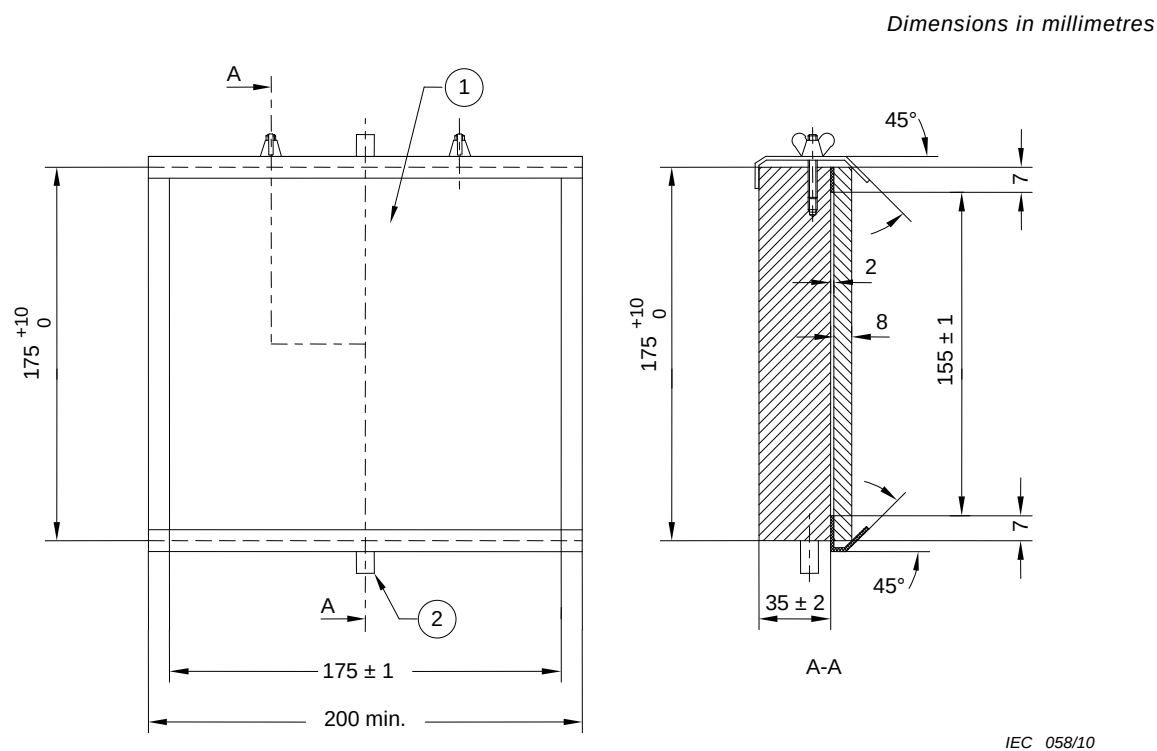
Dimensions in millimetres



Key

- 1 Polyamide
- 2, 3, 4, 5 Steel Fe 360

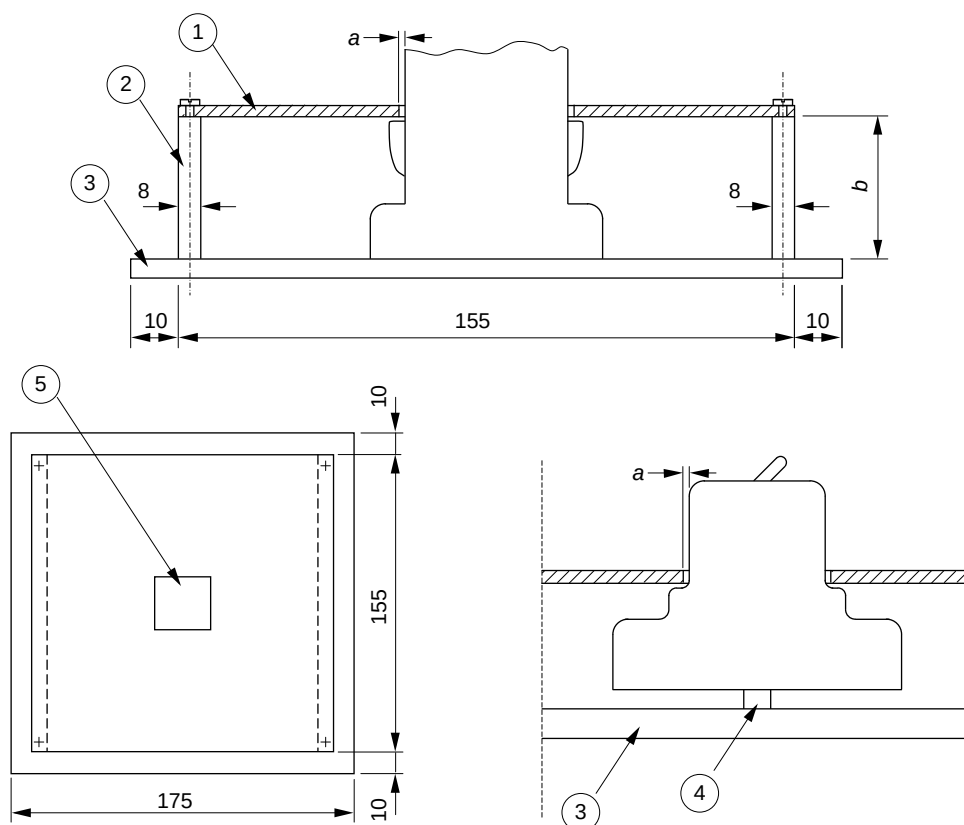
Figure 16 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.13.2.1)



Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

Figure 17 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.13.2.1)



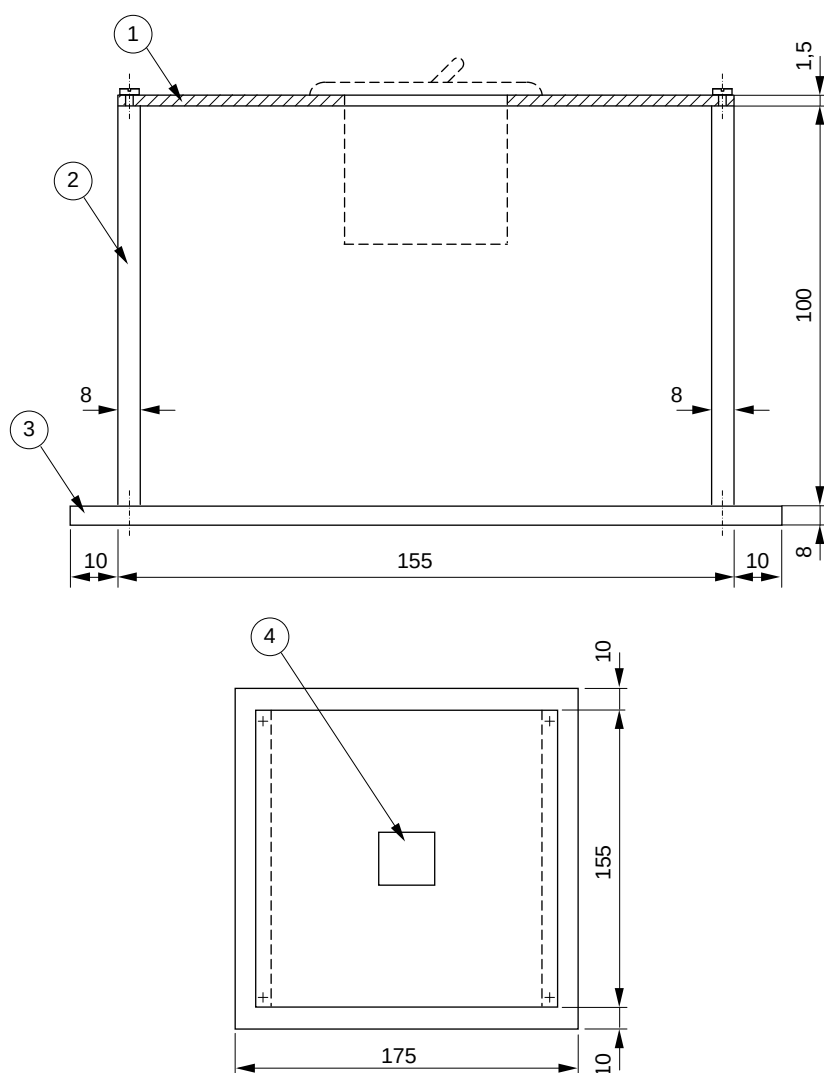
IEC 059/10

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Rail for RCBO designed to be mounted on a rail
- 5 Cut-out for the RCBO in the steel plate
- a The distance between the edges of the cut-out and the faces of the RCBO shall be between 1 mm and 2 mm
- b The height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the RCBO or, if the RCBO has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

**Figure 18 – Example of mounting an unenclosed RCBO
for mechanical impact test (9.13.2.1)**

Dimensions in millimetres



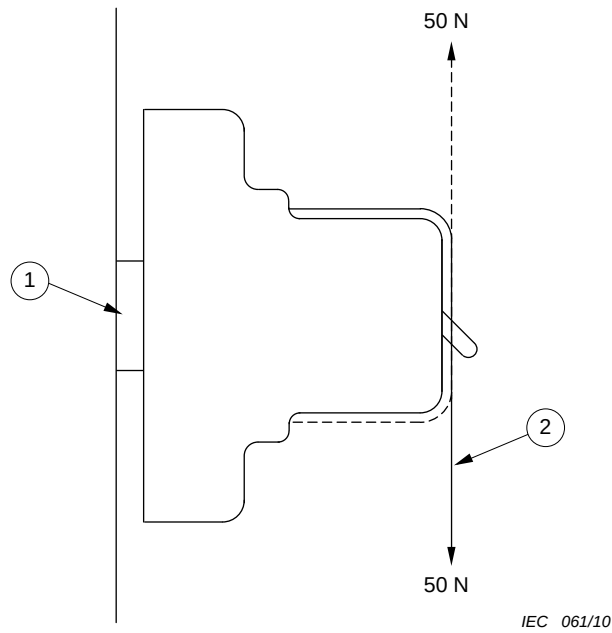
IEC 060/10

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the RCBO in the steel plate

NOTE In particular cases the dimensions may be increased.

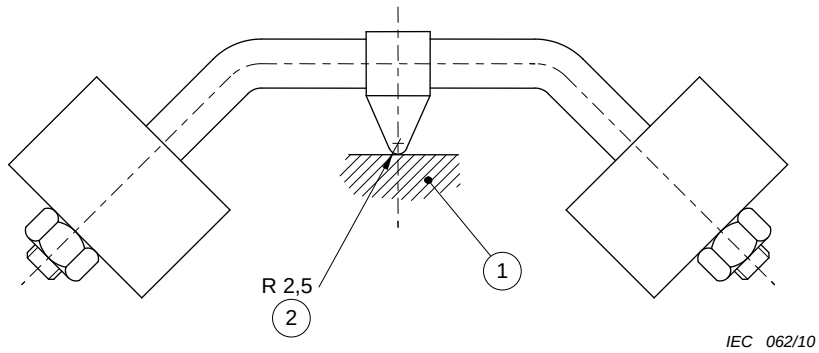
**Figure 19 – Example of mounting of panel mounting type RCBO
for the mechanical impact test (9.13.2.1)**



Key

- 1 Rail
- 2 Cord

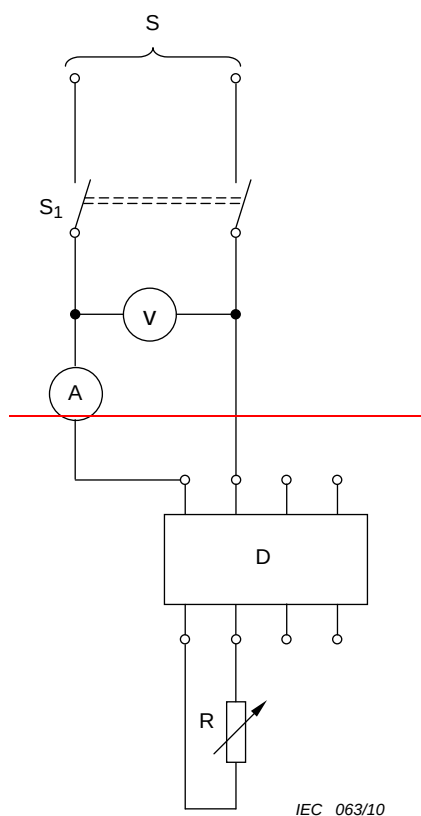
Figure 20 – Application of force for mechanical impact test of rail mounted RCBO (9.13.2.2)



Key

- 1 Sample
- 2 Spherical

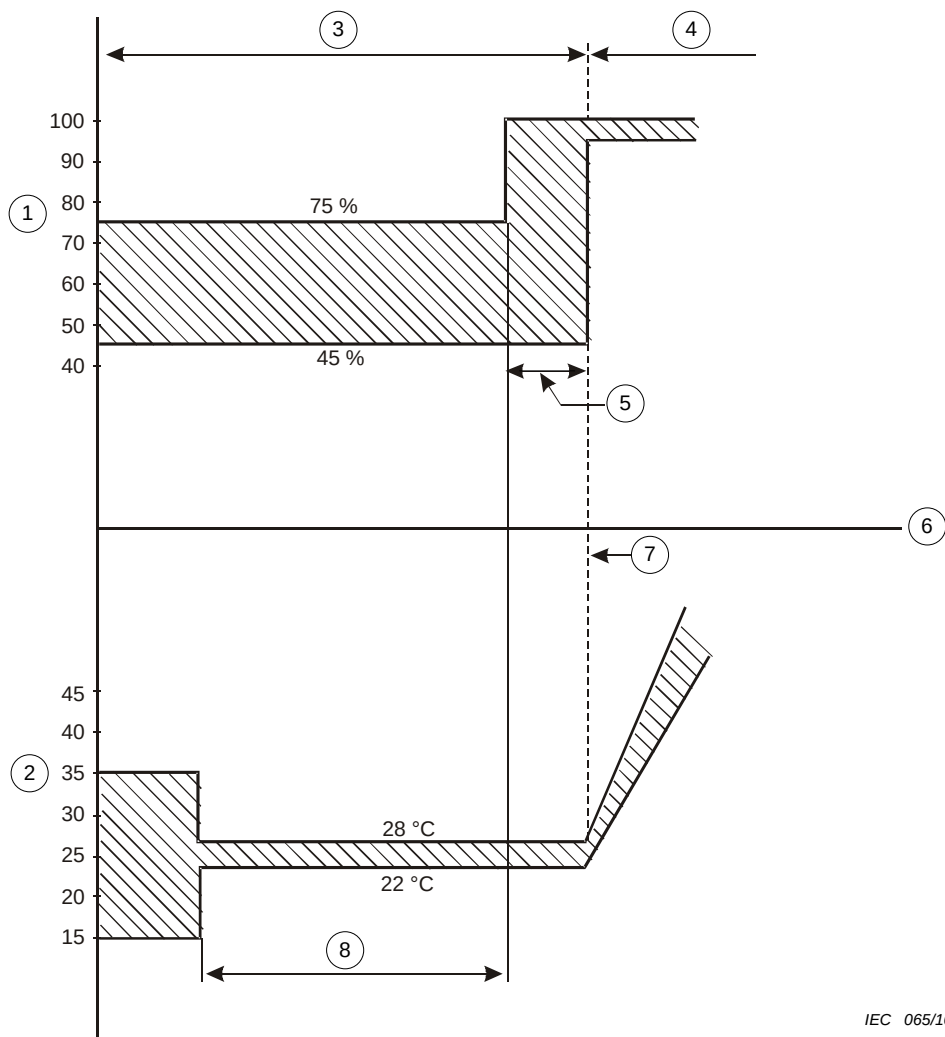
Figure 21 – Ball-pressure test apparatus (9.14.2)



Key

- S — Supply
- S₁ — Two-pole switch
- V — Voltmeter
- A — Ammeter
- D — RCBO
- R — Variable resistor

Figure 22 – Test circuit for the verification of the limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through a three-pole or four-pole RCBO (9.18)-Void

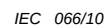


IEC 065/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 Stabilizing period
- 4 First cycle
- 5 Time required to reach 95 %-100 % relative humidity (not exceeding 1 h)
- 6 Time
- 7 Start of the first cycle
- 8 Time required for test specimen to reach temperature stability

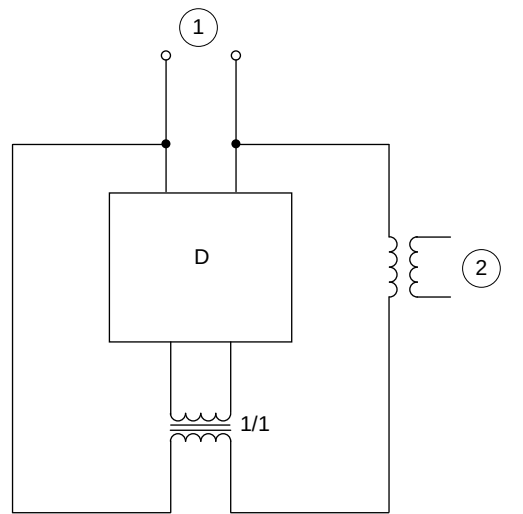
Figure 23 – Stabilizing period for reliability test (9.22.1.3)



Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 End of the temperature rise
- 4 Start of the temperature fall
- 5 Time
- 6 Upper temperature +57 °C
- 7 Lower temperature +53 °C

Figure 24 – Reliability test cycle (9.22.1.3)

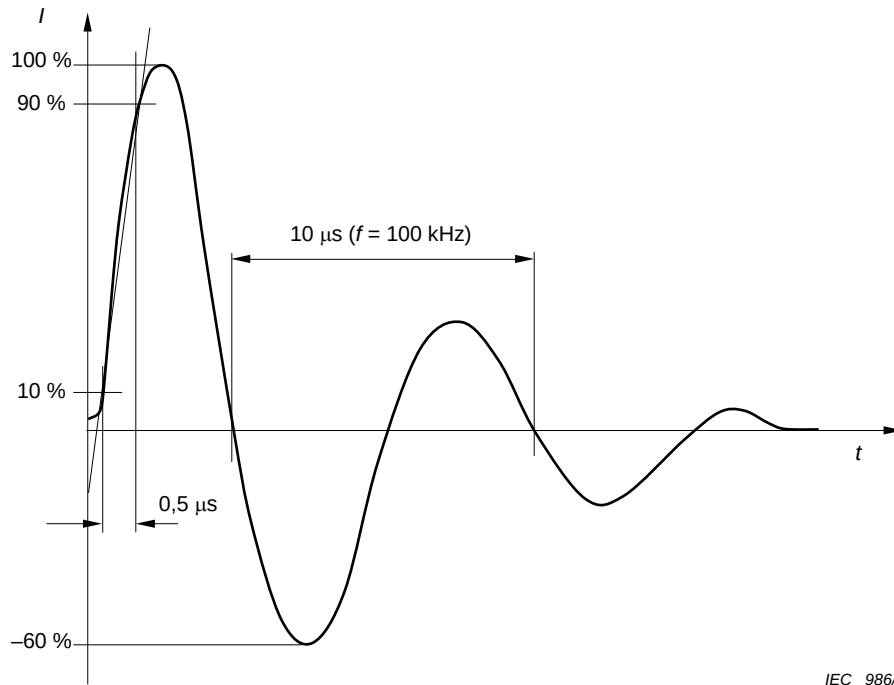


IEC 067/10

Key

- D RCBO under test
- 1 Supply at $1,1 U_n$
- 2 Current supply

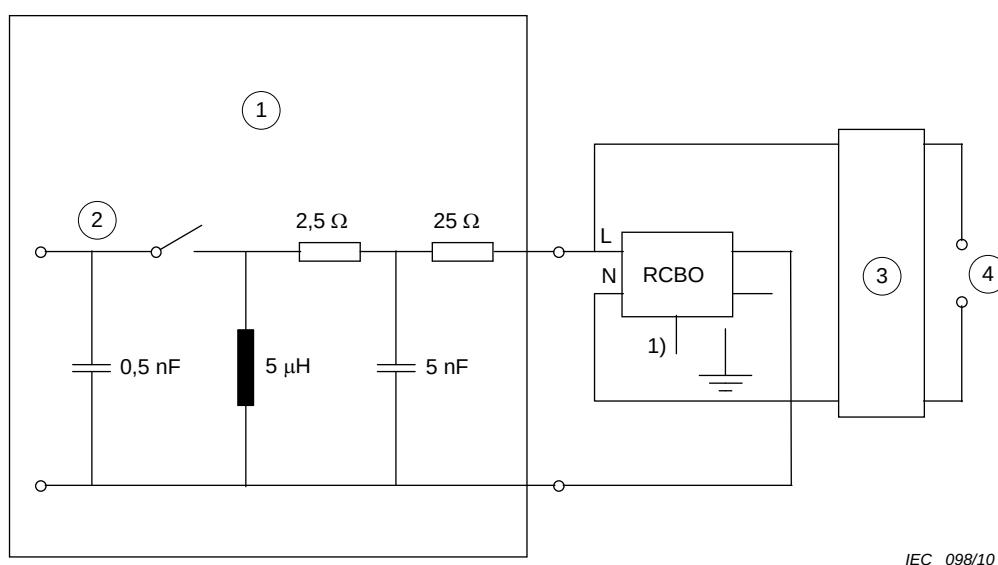
Figure 25 – Example of a test circuit for verification of ageing of electronic components (9.23)



IEC 986/08

NOTE Care should be taken that the oscillating wave is guaranteed at least up to the 5th full period (50 μ s).

Figure 26 – Damped oscillator current wave, 0,5 μ s/100 kHz



Key

- 1 Ring wave generator 0,5 μs/100 kHz
- 2 Trigger
- 3 Filter
- 4 Supply

- 1) If the RCBO has an earthing terminal, it shall be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the RCBO or, that failing, to any phase terminal.

Figure 27 – Test circuit for the ring wave test at RCBOs

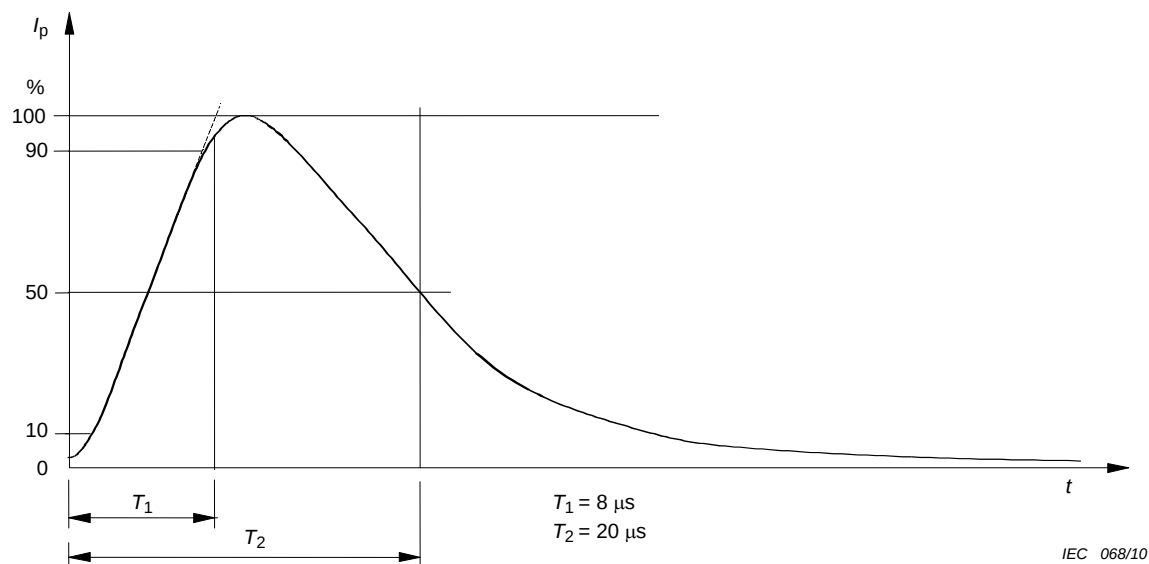
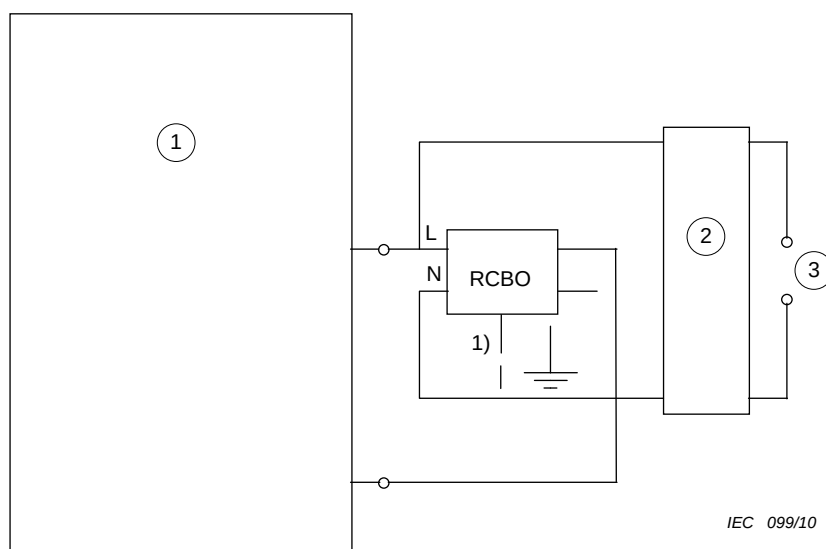


Figure 28 – Surge current impulse 8/20 μs



Key

1 Surge current generator 8/20 μ s

2 Filter

3 Supply

- 1) If the RCBO has an earthing terminal, it shall be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the RCBO or, that failing, to any phase terminal.

Figure 29 – Test circuit for the surge current test at RCBOs

Annex A (normative)

Test sequence and number of samples to be submitted for certification² purposes

A.1 Test sequences

The tests are made according to Table A.1, the tests in each sequence being carried out in the order indicated.

Table A.1 – Test sequences

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
A		6 8.1.1 8.1.2 9.3 8.1.3 8.1.6 9.11 9.4 9.5 9.6 9.14 8.1.3 9.15	Marking General Mechanism Indelibility of marking Clearances and creepage distances (external parts only) Non-interchangeability Trip-free mechanism Reliability of screws, current-carrying parts and connections Reliability of terminals for external conductors Protection against electric shock Resistance to heat Clearance and creepage distances (internal parts) Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7 9.8 9.20 9.22.2 9.23	Dielectric properties Temperature-rise Resistance of insulation against an impulse voltage Reliability at 40 °C Ageing of electronic components
C	C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (and 9.12.12)	Mechanical and electrical endurance Performance at reduced short-circuit currents (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
	C ₂	9.12.11.2.2 (and 9.12.12)	Short-circuit test for verifying the suitability of RCBOs for use in IT systems (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
D ₀		9.9.1	Operating characteristics under residual current conditions
D ₁		9.17 9.19 9.21 9.12.13 9.16	Behaviour in case of failure of the line voltage Behaviour in case of surge currents D.C. components Performance at I _{Am} Test device
E ₀		9.9.2 9.18	Overcurrent operating characteristics Limiting value of overcurrent in case of a single-phase load through a 3-pole or 4-pole RCBO
E ₁		9.13 9.12.11.3 (and 9.12.12)	Resistance to mechanical shock and impact Short-circuit performance at 1 500 A
F ₀		9.12.11.4 b) (and 9.12.12)	Performance at service short-circuit capacity
F ₁		9.12.11.4 c) (and 9.12.12.2)	Performance at rated short-circuit capacity
G		9.22.1	Reliability (climatic tests)
H ^a		IEC 61543 Table 4 -T1.1	Harmonics, interharmonics

² The term “certification” denotes either a Declaration of Conformity by the manufacturer, or a Third Party Certification, e.g. by an independent testing station.

Test sequence	Clause or subclause	Test (or inspection)
	IEC 61543 Table 4 – T1.2	Signalling voltage
	IEC 61543 Table 5 – T2.3	Conducted unidirectional transients of the ms and μ s time scale
†	IEC 61543 Table 5 – T2.1	Conducted sine-wave voltages or currents
	IEC 61543 Table 5 – T2.5	Radiated high-frequency phenomena
	IEC 61543 Table 5 – T2.2	Fast transients (burst)
‡	IEC 61543 Table 5 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	IEC 61543 Table 6 – T3.1	Electrostatic discharges
^a For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.		

Test sequence	Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁	6	Marking
	8.1.1	General
	8.1.2	Mechanism
	9.3	Indelibility of marking
	8.1.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
	8.1.6	Non-interchangeability
	9.11	Trip-free mechanism
	9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
	9.5	Reliability of terminals for external conductors
	9.6	Protection against electric shock
	9.14	Resistance to heat
	8.1.3	Clearance and creepage distances (internal parts)
	9.25	Resistance to rusting
A ₂	9.15	Resistance to abnormal heat and to fire
B	9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
	9.7.7.5 ^a	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
	9.7.1	Resistance to humidity
	9.7.2	Insulation resistance of the main circuit
	9.7.3	Dielectric strength of the main circuit
	9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
	9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
	9.7.5	Secondary circuit of detection transformers
	9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits
	9.8	Temperature-rise
	9.22.2	Reliability at 40 °C
	9.23	Ageing of electronic components

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
C	C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (and 9.12.12)	Mechanical and electrical endurance Performance at reduced short-circuit currents (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
	C ₂	9.12.11.2.2 (and 9.12.12)	Short-circuit test for verifying the suitability of RCBOs for use in IT systems (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
D ₀		9.9.1	Operating characteristics under residual current conditions
D ₁		9.17 9.19 9.12.13 9.16	Behaviour in case of failure of the line voltage Behaviour in case of surge currents Performance at $I_{\Delta m}$ Test device
E ₀		9.9.2	Overcurrent operating characteristics
E ₁		9.13 9.12.11.3 (and 9.12.12)	Resistance to mechanical shock and impact Short-circuit performance at 1 500 A
F ₀		9.12.11.4 b) (and 9.12.12)	Performance at service short-circuit capacity
F ₁		9.12.11.4 c) (and 9.12.12.2)	Performance at rated short-circuit capacity
G		9.22.1	Reliability (climatic tests)
H ^{ab}		IEC 61543 ³ Table 4 -T1.1 IEC 61543 Table 4 -T1.2 IEC 61543 Table 5 -T2.3	Harmonics, inter harmonics Signalling voltages Conducted unidirectional transients of the ms and μ s time scale
I		IEC 61543 Table 5 -T2.1 IEC 61543 Table 5 -T2.5 IEC 61543 Table 5 -T2.2	Conducted sine-wave form voltages or currents Radiated electromagnetic field Fast transients (bursts)
J		IEC 61543 Table 5 - T2.6 IEC 61543 Table 6 -3.1	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz Electrostatic discharges
^a This test may be done on separate samples. ^b For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.			

A.2 Number of samples to be submitted for full test procedure

If one current rating and one residual operating current rating of one type (number of poles, instantaneous tripping) of RCBO only is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test series are those indicated in Table A.2 where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.2 pass the tests the compliance with the standard is met. If only the minimum number given in the third column pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

³ Reference is made to IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 and Amendment 2:2005.

For RCBOs having only one rated current but more than one residual operating current, two separate sets of samples shall be submitted to each test sequence, one adjusted to the highest residual operating current, the other adjusted to the lowest residual operating current.

Table A.2 – Number of samples for full test procedure

Test sequence	Number of samples	Minimum number of accepted samples which shall pass the tests ^{a, b}	~~Maximum~~ Number of samples for repeated tests ^c
A ₁	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C ₁	3	2 ^d	3
C ₂	3	2 ^d	3
D	3	2 ^d	3
E	3	2 ^d	3
F ₀	3	2 ^d	3
F ₁	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a In total a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all test results must be acceptable.

^d Except for tests of 9.12.10, 9.12.11.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 and 9.12.13, as appropriate, which all samples shall pass.

^e At the manufacturer's request, the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

A.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of RCBOs of the same fundamental design

A.3.1 If a range of RCBOs of the same fundamental design or additions to such a range of RCBOs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Tables A.3, A.4 and A.5.

NOTE For the purposes of this annex, the term "same fundamental design" covers a range of RCBOs having a series of rated currents (I_N), a series of rated residual operating currents ($I_{\Delta N}$) and different numbers of poles.

RCBOs can be considered to be of the same fundamental design if all of the following conditions are met:

- 1) they have the same basic design; voltage dependent types and voltage independent types shall not occur together in the same range;
- 2) the residual current operating means have identical tripping mechanisms and identical relays or solenoids except for the variations permitted in c) and d) below;
- 3) the materials, finish and dimensions of the internal current-carrying parts are identical other than the variations detailed in a) below;
- 4) the terminals are of similar design (see b) below);

- 5) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- 6) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;
- 7) the moulding and insulating materials are identical;
- 8) the method, materials and construction of the extinction device are identical;
- 9) the basic design of the residual current sensing device is identical, for a given type of characteristic, other than the variations permitted in c) below;
- 10) the basic design of the residual current tripping device is identical except for the variations permitted in d) below;
- 11) the basic design of the test device is identical except for the variations permitted in e) below.

The following variations are permitted provided that the RCBOs comply in all other respects with the requirements detailed above:

- a) cross-sectional area of the internal current-carrying connections and lengths of the toroid connections;
- b) size of terminals;
- c) number of turns and cross-sectional area of the windings and the size and material of the core of the differential transformer;
- d) the sensitivity of the relay and/or the associated electronic circuit, if any;
- e) the ohmic value of the means to produce the maximum ampere-turns necessary to conform to the tests of 9.16. The circuit may be connected across phases or phase to neutral.

A.3.2 For RCBOs of the same classification according to the method of operation (4.1), the behaviour in presence of d.c. components (4.6) and the same classification according to time-delay (4.7), having different current rating and rated residual operating current, the number of samples to be tested may be reduced, according to Table A.3.

Table A.3 – Number of samples for simplified test procedure

Test sequence	Number of samples according to number of poles ^{a, g}		
	2 poles ^{b, c}	3 poles ^{d, f, j}	4 poles ^e
A ₁	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
A ₂	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
B	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D ₀ + D ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D ₀	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$ with max. I_n		
E ₀ + E ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
E ₀	1 ⁱ for all other ratings of I_n with min. $I_{\Delta n}$		
F ₀	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
F ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
G	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
H ^k	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
I	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
J	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test all test results must be acceptable.			
^b If only 3-pole or 4-pole RCBOs are submitted, this column shall also apply to a set of samples with the smallest number of poles.			
^c Also applicable to 1-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 2-pole RCBOs with 1 protected pole.			
^d Also applicable to 3-pole RCBOs with 2 protected poles.			
^e Also applicable to 3-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 4-pole RCBOs with 3 protected poles.			
^f This column is omitted when 4-pole RCBOs have been tested.			
^g If only one value of $I_{\Delta n}$ is submitted, min. rating $I_{\Delta n}$ and max. rating $I_{\Delta n}$ are replaced by $I_{\Delta n}$.			
^h Only the highest number of current paths.			
ⁱ For this sequence only the test of 9.9.2 is required.			
^j If a 3-pole RCBO with 4 current paths and a 4-pole RCBO are submitted, then only the 4-pole RCBO is tested, with exception of the test of 9.8 of test sequence B for which both types are submitted to the test.			
^k If the requirement to test max. rating I_n and minimum rating $I_{\Delta n}$ does not cover all the possible range of RCBOs, the minimum $I_{\Delta n}$ shall in any case be chosen for the test.			

A.3.3 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1 and tested according to A.3.2, but of a different instantaneous tripping class according to 4.11, being subsequently submitted for tests, the additional sequences may be reduced according to Table A.4, the number of samples being taken from Table A.3.

Table A.4 – Test sequences for RCBOs having different instantaneous tripping currents

RCBO type tested first	Test sequences for other RCBO types		
	B-type	C-type	D-type
B-type	–	$(E_0 + E_1) + F$	$(E_0 + E_1) + F$
C-type	$E_0^a + B^a$	–	$(E_0 + E_1) + F$
D-type	$E_0^a + B^a$	$E_0^a + B^{a, b}$	–
^a For this sequence only the tests of 9.8 and 9.9.2.2 are required. ^b When certification is requested at the same time for B-type, C-type and D-type RCBOs having the same rated short-circuit capacity, only test sequence E_0 is required if B-type and D-type samples have been tested.			

A.3.4 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1, and tested according to A.3.2, but of a different time-delay classification according to 4.7, subsequently submitted for tests, the additional number of samples and sequences shall be as given in Table A.3, except that sequences A, B, and E_0 may be omitted.

A.3.5 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1, and tested according to A.3.2, but of a different classification according to behaviour due to d.c. components (according to 4.6), subsequently submitted for tests, the additional number of samples and sequences may be reduced according to Table A.5.

Table A.5 – Test sequences for RCBOs of different classification according to 4.6

Test sequence	Number of samples according to the number of poles ^a		
	2-poles ^{b, c}	3-poles ^{d, f}	4-poles ^e
$D_0 + D_1$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D_0	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$ with max. I_n		
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test all test results must be acceptable. ^b If only 3-pole or 4-pole RCBOs are submitted, this column shall also apply to a set of samples with the smallest number of poles. ^c Also applicable to 1-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 2-pole RCBOs with 1 protected pole. ^d Also applicable to 3-pole RCBOs with 2 protected poles. ^e Also applicable to 3-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 4-pole RCBOs with 3 protected poles ^f This column is omitted when 4-pole RCBOs have been tested.			

Annex B (normative)

Determination of clearances and creepage distances

~~In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.~~

~~If a clearance or creepage distance is influenced by one or more metal parts, the sum of the sections should have at least the prescribed minimum value.~~

~~Individual sections less than 1 mm in length should not be taken into consideration in the calculation of the total length of clearances and creepage distances.~~

~~In determining creepage distance~~

- ~~— grooves at least 1 mm wide and 1 mm deep should be measured along their contour;~~
- ~~— grooves having any dimension less than these dimensions should be neglected;~~
- ~~— ridges at least 1 mm high~~
 - ~~• are measured along their contour, if they are integral parts of a component of insulating material (for instance by moulding, welding or cementing);~~
 - ~~• are measured along the shorter of the two following paths: along the joint or along the profile of the ridge, if the ridges are not integral parts of a component of insulating material.~~

~~The application of the foregoing recommendations is illustrated by the following figures:~~

- ~~— Figures B.1, B.2 and B.3 indicate the inclusion or exclusion of a groove in a creepage distance;~~
- ~~— Figures B.4 and B.5 indicate the inclusion or exclusion of a ridge in a creepage distance;~~
- ~~— Figure B.6 illustrates how to take into account a joint when the ridge is formed by an inserted insulating barrier, the outside profile of which is longer than the length of the joint;~~
- ~~— Figures B.7, B.8, B.9 and B.10 illustrate how to determine the creepage distance in the case of fixing means situated in recesses in insulating parts of insulating material.~~

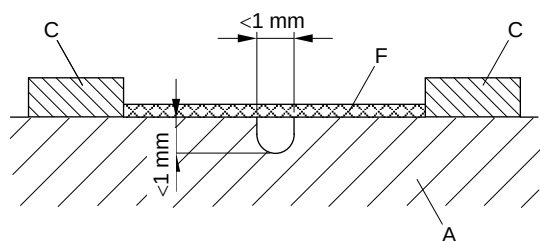


Figure B.1

IEC 071/10

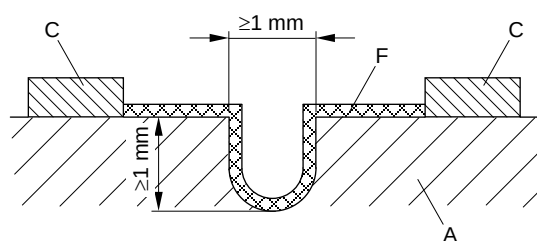


Figure B.2

IEC 072/10

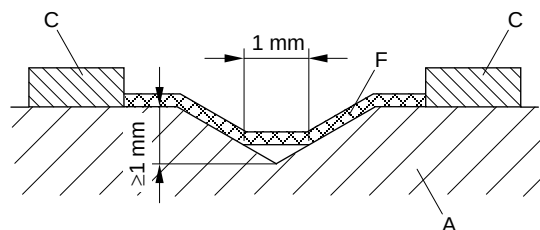


Figure B.3

IEC 073/10

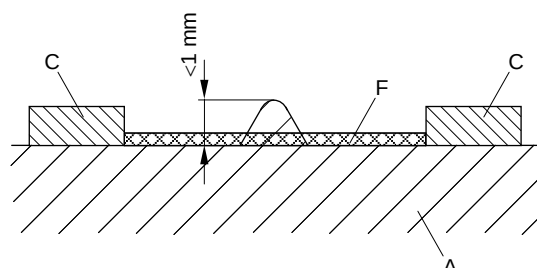


Figure B.4

IEC 074/10

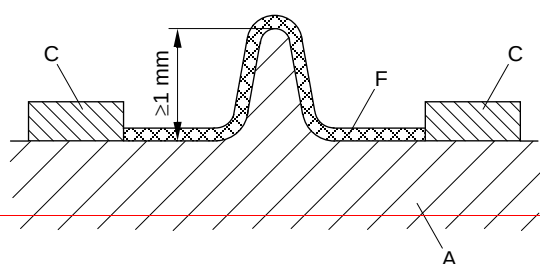


Figure B.5

IEC 075/10

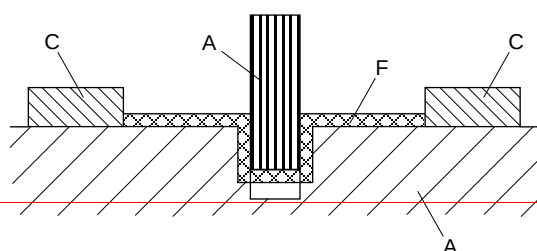


Figure B.6

IEC 076/10

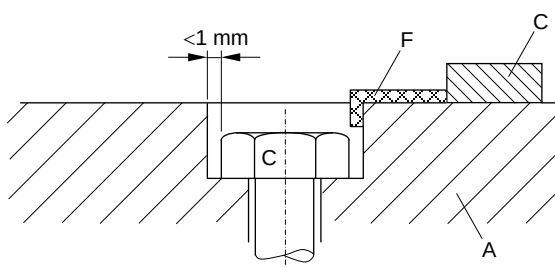


Figure B.7

IEC 077/10

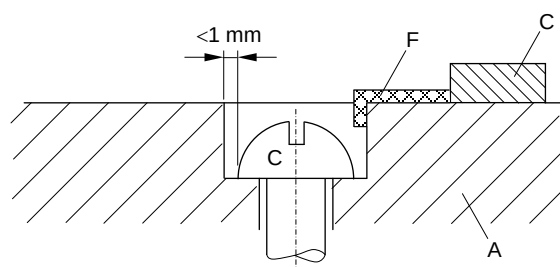


Figure B.8

IEC 078/10

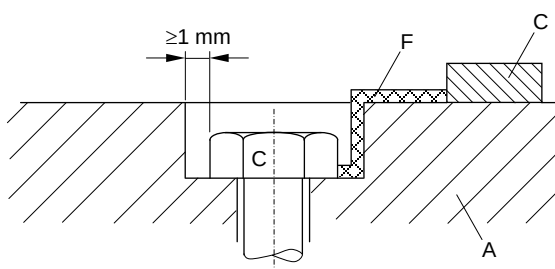


Figure B.9

IEC 079/10

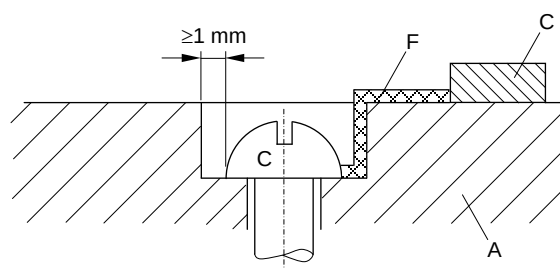


Figure B.10

IEC 080/10

Key

- A — Insulating material
- C — Conducting part
- F — Creepage distance

Figure B.1 to B.10 — Illustrations of the application of creepage distances

B.1 General

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

B.2 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances be not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

B.3 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

B.4 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in IEC 60664-1:2007, 6.2 (see also Example 11 in Figure B.1).

B.5 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

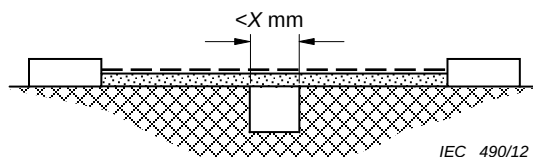
If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in Figure B.1. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

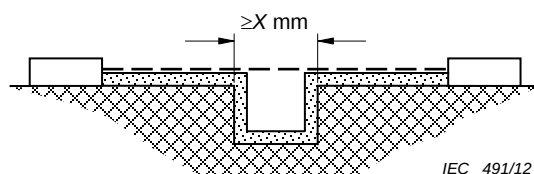
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

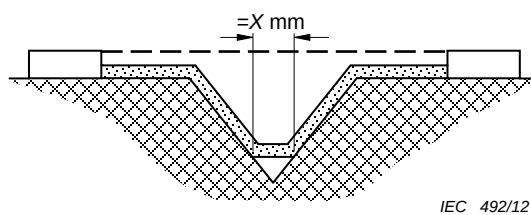
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with a width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

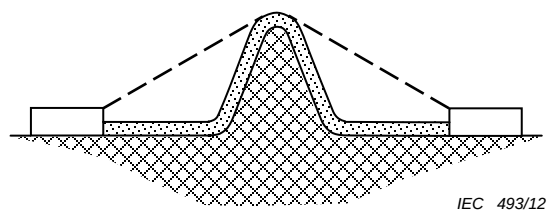
Example 3



Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

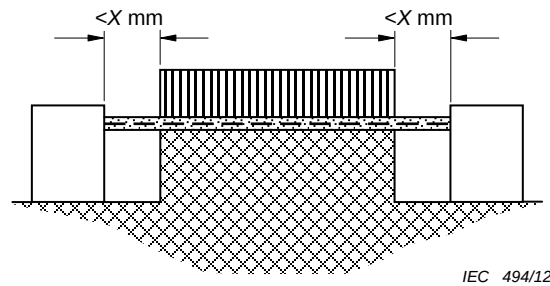


Clearance



Creepage distance

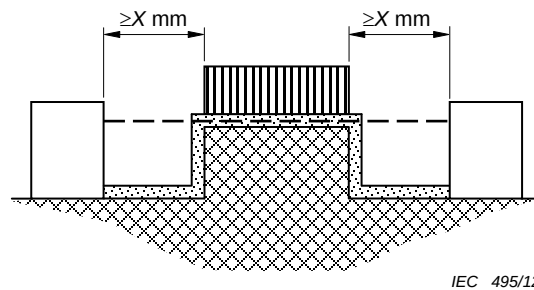
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

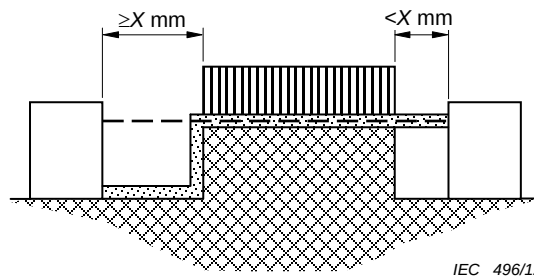
Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

Example 7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

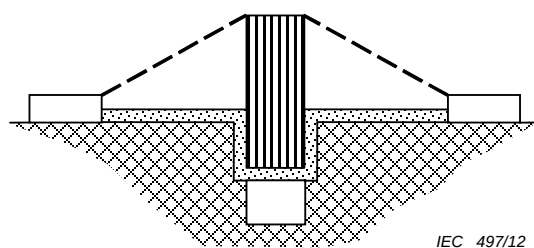


Clearance



Creepage distance

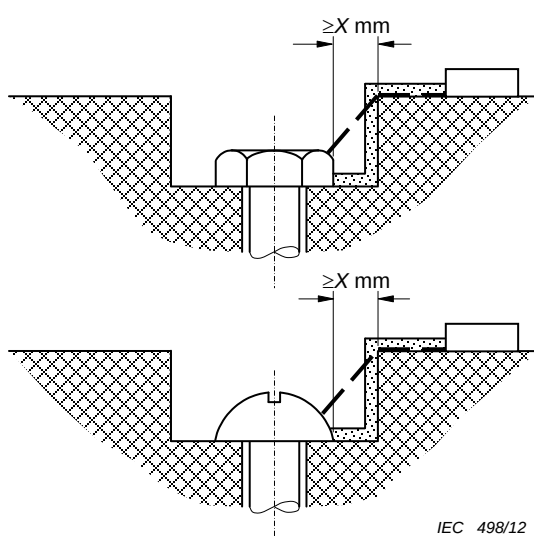
Example 8



Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

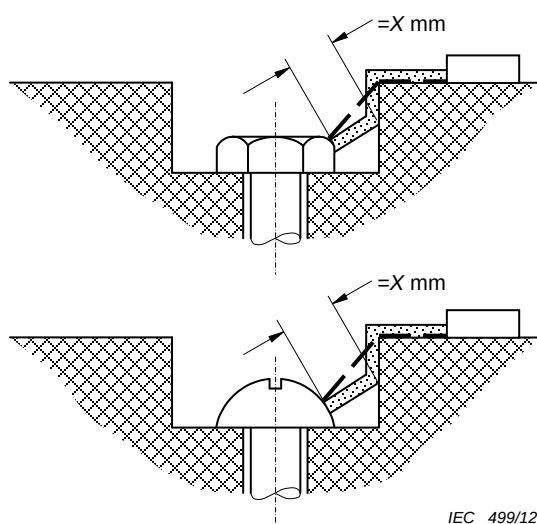
Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10

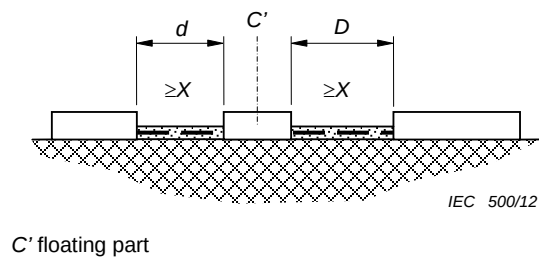


Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

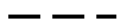
--- Clearance  Creepage distance

Example 11



Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$



Clearance



Creepage distance

Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances

Annex C (normative)

Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests

The device under test is mounted as shown in Figure C.1, which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instructions.

When required (i.e. during "O" operations), a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) mm thick, of a size at least 50 mm larger, in each direction, than the overall dimensions of the front face of the device but not less than 200 mm × 200 mm, is fixed and reasonably stretched in a frame, placed at a distance of 10 mm from

- either the maximum projection of the operating means of a device without recess for the operating means,
- or the rim of a recess for the operating means of a device with recess for the operating means.

The sheet should have the following physical properties:

Density at 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$

Melting-point: 110 °C – 120 °C.

When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in Figure C.1, between the arc vent and the polyethylene sheet to prevent damage of the sheet due to hot particles emitted from the arc vent.

When required, a grid (or grids) according to Figure C.2 is (are) placed at a distance of "a" mm from each arc vent side of the device.

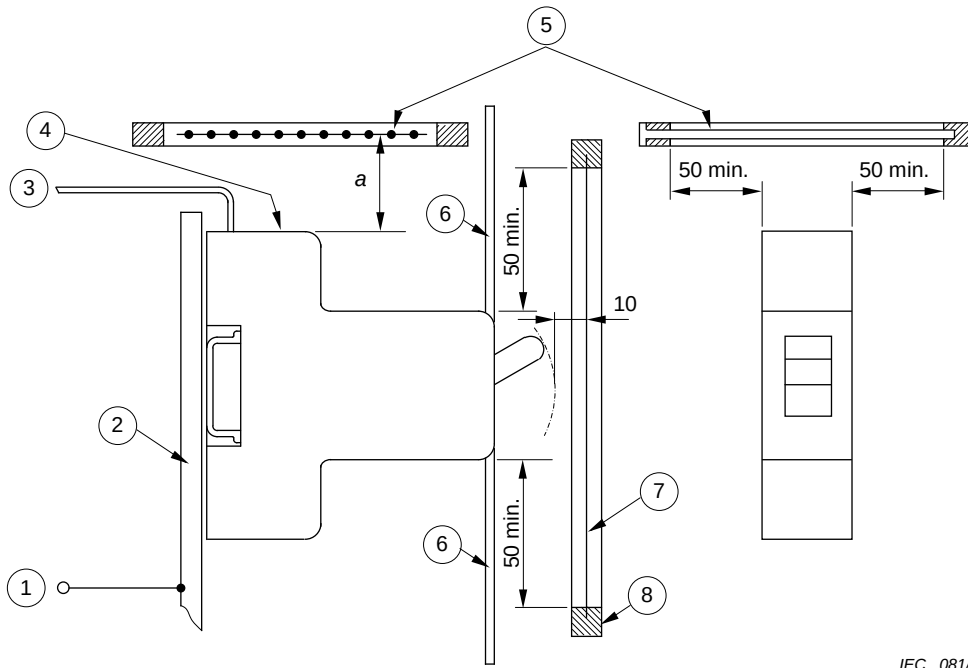
The grid circuit (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C (see Figures 7 ~~to 12~~ or 8, as applicable).

The parameters for the grid circuit are as follows:

Resistor R': 1,5 Ω

Copper wire F': length 50 mm, and diameter as required in 9.12.9.1.

Dimensions in millimetres



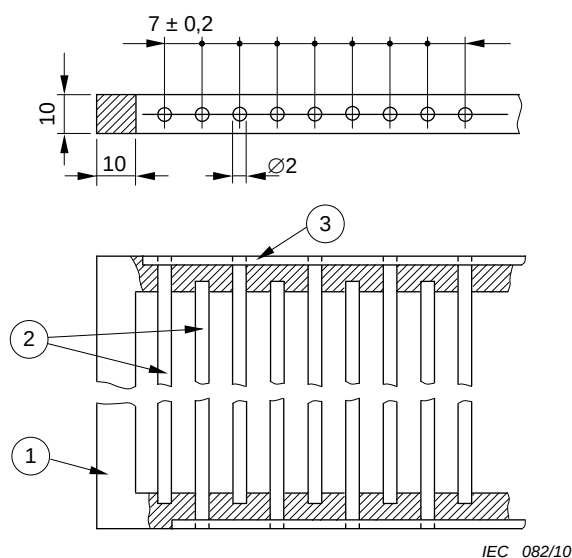
IEC 081/10

Key

- 1 To the fuse F
- 2 Metal plate
- 3 Cable
- 4 Arc vent
- 5 Grid
- 6 Barrier
- 7 Polyethylene sheet
- 8 Frame

Figure C.1 – Test arrangement

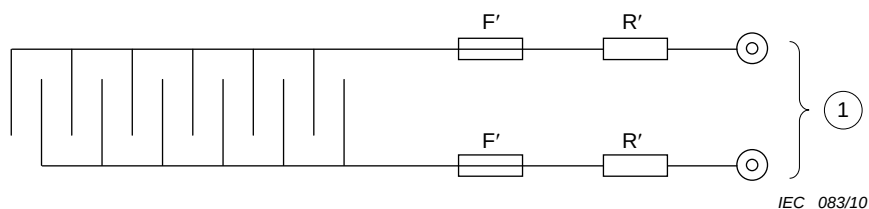
Dimensions in millimetres



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure C.2 – Grid



Key

- 1 Connected to points B and C (See Figure 7 ~~to 12~~ or 8, as applicable)

Figure C.3 – Grid circuit

Annex D (normative)

Routine tests

D.1 General

The tests specified in this standard are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture.

In general, further tests have to be made to ensure that every RCBO conforms with the samples that withstood the tests of this standard, according to the experience gained by the manufacturer.

D.2 Tripping test

A residual current is passed through each pole of the RCBO in turn. The RCBO shall not trip at a current less than or equal to $0,5 I_{\Delta n}$, but it shall trip at $I_{\Delta n}$ within a specified time (see Table 2).

The test current shall be applied at least five times to each RCBO and shall be applied at least twice to each pole.

D.3 Electric strength test

A voltage of substantially sine-wave form of 1 500 V having a frequency of 50 Hz/60 Hz is applied for 1 s as follows:

- a) with the RCBO in the open position, between the terminals which are electrically connected together, when the RCBO is in the closed position;
- b) for RCBOs not incorporating electronic components, with the RCBO in the closed position, between each pole in turn and the others connected together;
- c) for RCBOs incorporating electronic components, with the RCBO in the open position, either between all incoming terminals of poles in turn or between all outgoing terminals of poles in turn, depending on the position of the electronic components.

No flashover or breakdown shall occur.

D.4 Performance of the test device

With the RCBO in the closed position, and connected to a supply at the appropriate voltage, the test device, when operated, shall open the RCBO.

Where the test device is intended to operate at more than one value of rated voltage, the test shall be made at the lowest value of rated voltage.

Annex E (normative)

Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage

Subclause 8.1.3 – Clearance and creepage distances

The following note applies to Table 7:

NOTE 1 Live parts of auxiliary circuits intended to be connected to safety extra-low voltages shall be separated from circuits of higher voltages in accordance with the requirements of 414.4.3 of IEC 60364-4-41:2005.

Subclause 9.7.4 – Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

Add the following under item b):

NOTE A test for circuits intended for connection to safety extra-low voltage is under consideration.

Add the following to the notes that follow item c):

NOTE 5 The values of the test voltages for circuits intended for connection to safety extra-low voltage are under consideration.

Annex F (normative)

Coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit

The information given in Annex D of IEC 60898-1:2002 to ensure coordination between circuit-breakers and separate fuses associated in the same circuit may also be applicable to ensure coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit.

Annex G (normative)

Additional requirements and tests for RCBOs consisting of a circuit-breaker and a residual current unit designed for assembly on site

G.1 General

The main body of this standard applies in all respects to devices covered by this annex, unless otherwise specified.

G.2 Scope

This annex applies to RCBOs consisting of a circuit-breaker complying with the requirements of IEC 60898-1 and a residual current unit complying with the appropriate requirements of this standard where applicable, designed for assembly on site, in accordance with the manufacturer's instructions.

G.3 Definitions

Add the following definition to Clause 3 of this standard:

3.3.23

residual current unit

device performing simultaneously the functions of detection of the residual current and of comparison of the value of this current with the residual operating value, and incorporating the means of operating the tripping mechanism of a circuit-breaker with which it is designed to be assembled

G.4 Marking and other product information

G.4.1 Manufacturer's name or trade mark

With reference to Clause 6 item a) of this standard, the circuit-breaker and the r.c. unit with which it is to be assembled shall bear the same manufacturer's name or trade mark.

G.4.2 Marking

G.4.2.1 Marking of the circuit-breaker

Marking of the circuit-breaker shall be in accordance with IEC 60898-1.

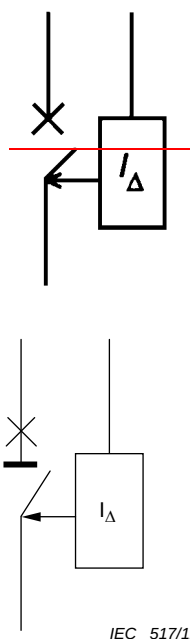
G.4.2.2 Marking of the r.c. unit

The r.c. unit shall be marked with the following items, with reference to Clause 6 of this standard:

a), b), c), e), f), g), k), m), n), q) and, if necessary, l).

In addition the r.c. unit shall be marked with

- the maximum rated current of the circuit-breaker with which it may be assembled (e.g. ~~60~~ 63 A max.)
- the symbol



NOTE— It is recommended that the references of the circuit-breakers with which the r.c. unit can be assembled be marked.

G.4.2.3 Marking of the assembled circuit-breaker and r.c. unit (RCBO)

The following marking **on the r.c. unit** specified in G.4.2.2 shall not be visible after assembly:

- c)
- maximum rated current of the circuit-breaker with which the r.c. unit may be assembled;
- **k)**

Marking l) of the r.c. unit, if applicable, shall remain visible after assembly.

G.4.3 Instructions for assembly and operation

The manufacturer shall provide adequate instructions with the r.c. unit.

These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings, number of poles, etc. of the circuit-breakers with which the r.c. unit is designed to be assembled;

NOTE The number of paths of the RCBO corresponds to the number of paths of the r.c. unit. A neutral terminal or link may take the place of the neutral pole of a circuit-breaker.

- derating factor(s), if any;
- **method of assembly;**
- need for checking operation after assembly to verify the mechanical operation;
- verification of the tripping operation by use of test button.

G.5 Constructional requirements

G.5.1 General

The design shall be such that:

- a) **it shall be possible to assemble the RCBO on site only once; and**

~~b) any disassembly shall leave permanent visible damage.~~

The design shall be such that it shall be possible to assemble the RCBO on site.

Design may be such that the device may be disassembled on site in accordance with the manufacturer's instructions.

For devices declared not suitable for disassembling, the disassembly shall leave permanent visible damage.

Compliance is checked according to G.6.4.

G.5.2 Degree of protection

The degree of protection of the r.c. unit shall be no less than that of the circuit-breaker with which it is to be assembled.

G.5.3 Mechanical requirements

The circuit-breaker and the r.c. unit shall fit together readily in the correct manner, and the design shall be such as to prevent an incorrect assembly.

There shall be no loose parts for coupling the tripping mechanisms.

Fixing means for assembly shall be captive.

NOTE Terminal covers, if any, are not covered by this requirement.

G.5.4 Electrical compatibility

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated voltage with an r.c. unit of a lower rated voltage.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated current with an r.c. unit of a lower maximum current marking (see G.4.2.2).

The terminals of the r.c. unit shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in Table 5 of IEC 60898-1:2002 for the rated currents of the circuit-breakers with which it is designed to be assembled.

The electrical interconnections between the r.c. unit and the circuit-breaker with which it is to be assembled shall form part of the r.c. unit.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated short-circuit capacity with an r.c. unit so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by inspection and manual test.

G.6 Type tests and verifications

G.6.1 Tests on circuit-breakers

The circuit-breakers shall comply with the type tests of IEC 60898-1.

G.6.2 Tests on r.c. units

The r.c. units shall comply with the following type tests specified in Table 12 of this standard: tests of 9.3, 9.4, 9.5, 9.11 (if applicable), 9.14 and 9.15.

G.6.3 Tests on assembled circuit-breaker and r.c. unit (RCBO)

The type tests specified in Table 12 of this standard apply to RCBOs covered by this annex except as follows:

- 9.3, 9.5, 9.9.2.3, 9.14 and 9.15 do not apply;
- 9.4: tests shall be made on the interconnections between the circuit-breaker and the r.c. unit;
- 9.12 applies with the exception of 9.12.11.3 unless $I_{cn} = 1\,500\text{ A}$, and of 9.12.11.4 b).
- Conventional non tripping current $1,13 I_n$ shall be replaced everywhere by I_n .

G.6.4 Verification of marking and constructional requirements of RCBOs

Compliance with the requirements of G.4.1, G.4.2, G.4.3, ~~G.4.1~~, G.5.1, G.5.2, G.5.3 and G.5.4 shall be checked by inspection and manual test, as applicable.

~~Compliance with the requirements of G.5.3 is checked in particular by verifying that in any position of the circuit-breaker and the r.c. unit to be assembled, different from the correct one, assembly is not possible. This applies also to different positions of the operating and any coupling means.~~

For devices declared suitable to be disassembled, compliance with the requirements of G.5.1 is checked by the following test to be performed at the beginning of test sequence D_0 in Table A.1.

The number of samples shall be in accordance with test sequence D_0+D_1 in Table A.3.

The r.c. unit and compatible circuit-breakers as declared by the manufacturer have to be assembled and disassembled five times. The r.c. unit and the compatible circuit breaker are then reassembled and used for the test of test sequence D_0 . After each assembly the correct operation of the combination shall be verified by using the test button. The RCBO shall trip each time.

G.7 Routine tests on the r.c. unit

Annex D applies, but the tests shall be made on the r.c. units in association with a test circuit-breaker adjusted to the most onerous conditions.

Annex H (informative)

Void

Annex IA (informative)

Methods for determination of short-circuit power-factor

There is no uniform method by which the short-circuit power-factor can be determined with precision. Two examples of acceptable methods are given in this annex.

Method I – Determination from d.c. components

The angle φ may be determined from the curve of the d.c. component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

The formula for the d.c. component is:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where

- i_d is the value of d.c. components at the instant t ;
- i_{do} is the value of the d.c. component at the instant taken as time origin;
- L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;
- t is the time, in seconds, taken from the initial instant;
- e is the base of the Neperian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- a) measure the value of i_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before the contact separation;
- b) determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- c) from a table of values of e^{-x} determine the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- d) the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

Determine the angle φ from:

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

Method II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase-angle between the voltage and current of the test generator, from which the power-factor can be determined.

Annex IB (informative)

Glossary of symbols

Rated current	I_n
Residual current	I_{Δ}
Rated residual operating current	$I_{\Delta n}$
Rated residual non-operating current	$I_{\Delta no}$
Rated voltage	U_n
Rated operational voltage	U_e
Rated insulation voltage	U_i
Rated making and breaking capacity	I_m
Rated short-circuit capacity	$I_{\Delta m}$
Rated conditional short-circuit current	I_{nc}
Rated conditional residual short-circuit current	$I_{\Delta c}$
Limiting value of the line voltage at which an RCBO functionally dependent on line voltage still operates	U_{χ}
Limiting value of the line voltage below which an RCBO functionally dependent on line voltage opens automatically	U_y

Annex IC (informative)

Examples of terminals

In this annex some examples of designs of terminals are given. The conductor location shall have a diameter suitable for accepting solid rigid conductors and a cross-sectional area suitable for accepting rigid stranded conductors (see 8.1.5).

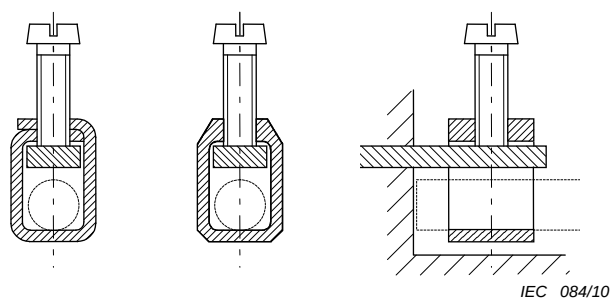


Figure IC.1a – Terminals with stirrup

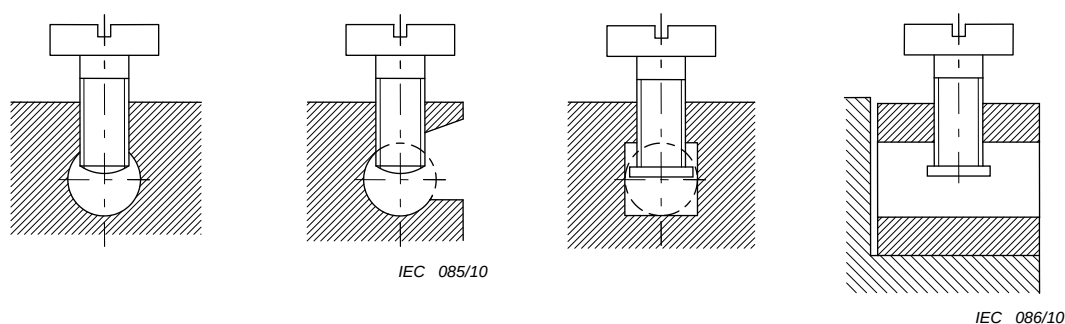


Figure IC.1b – Terminals without pressure plate

Figure IC.1c – Terminals with pressure plate

NOTE The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw may be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure IC.1 – Examples of pillar terminals

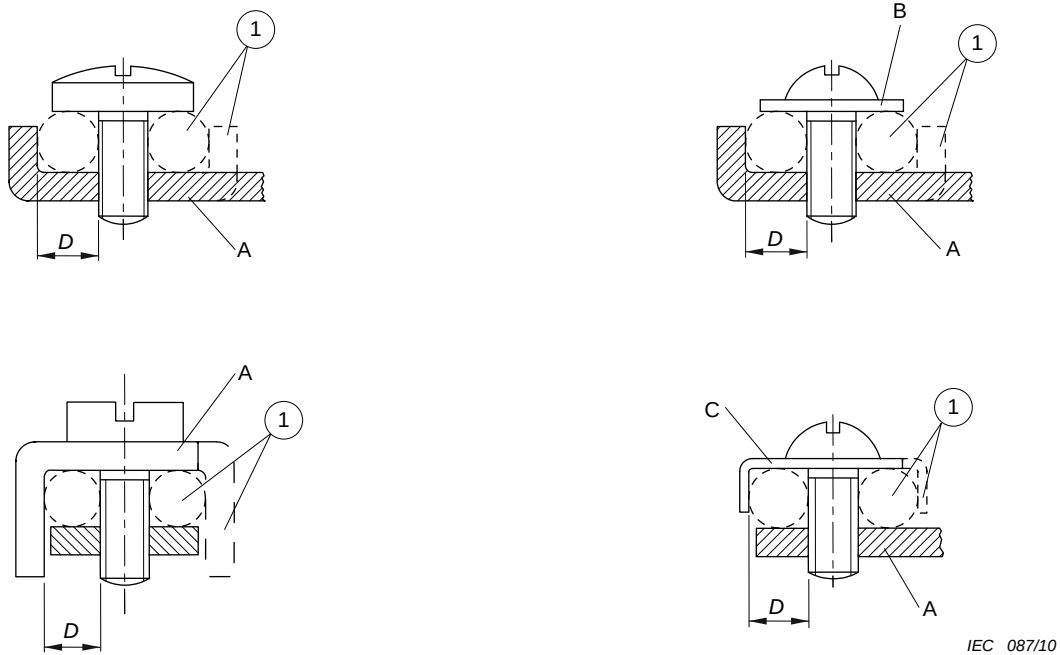


Figure IC.2a – Screw terminals

Screw not requiring washer or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate
or anti-spread device



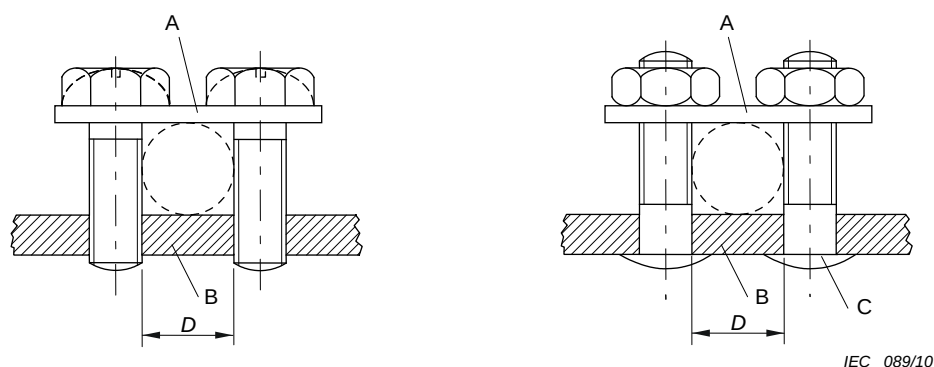
Figure IC2b – Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position may be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure IC.2 – Example of screw terminals and stud terminals

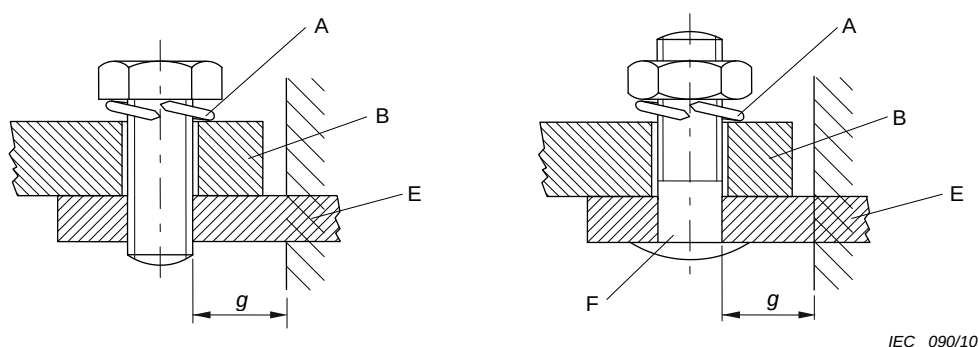


Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle may be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle. The terminals may have more than two clamping screws or studs.

Figure IC.3 – Example of saddle terminals



Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

For this type of terminal a spring washer or equally effective locking means shall be provided and the surface within the clamping area shall be smooth. For certain types of equipment the use of lug terminals of sizes smaller than that required is allowed.

Figure IC.4 – Examples of lug terminals

Annex ID
(informative)**Correspondence between ISO and AWG copper conductors**

ISO sizes mm ²	AWG	
	Size	Cross-sectional area mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

In general, ISO sizes apply.

Upon request of the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex IE (informative)

Follow-up testing programme for RCBOs

IE.1 General

In order to guarantee the maintenance of the quality level of products, follow-up inspection procedures on the manufacturing process have to be set by the manufacturers.

This annex gives an example of follow-up procedure to be applied when manufacturing RCBOs.

It may be used as a guide by manufacturers for adapting their specific procedures and organization aimed at keeping the required quality level of the product output.

In particular any provision of the supplying follow-up as well as the manufacturing follow-up may be taken to guarantee the quality of the manufactured products on which the safe operation of the residual current device depends.

IE.2 Follow-up testing programme

The follow-up testing programme includes two series of tests.

IE.2.1 Quarterly follow-up testing programme

See Table IE.1, test sequence Q.

IE.2.2 Annual follow-up testing programme

See Table IE.1, test sequences Y1 to Y3.

NOTE The annual follow-up testing may be combined with the quarterly follow-up testing.

Table IE.1 – Test sequences during follow-up inspections

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Q	9.16	Test device	Items b) and c) only, except for the verification of the test circuit ampere turns
	9.9.1.2 a)	Residual operating characteristics	
	9.9.1.2 c)	Residual operating characteristics	
	~~9.20~~	~~Resistance of insulation against impulse voltages~~	~~Also carried out between each pole in turn~~
Y1	~~9.9.1.42 f)~~	Residual operating characteristics	
	9.7	Test of dielectric properties	
	9.10	Mechanical and electrical endurance	
Y2	9.22.1	Reliability (climatic test)	
Y3	9.23	Resistance to ageing	

IE.2.3 Sampling procedure

IE.2.3.1 Quarterly testing programme

For the purpose of the quarterly testing programme the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspection or stopping of the production is considered depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied:

- Stay at normal level
When normal inspection is applied, normal level is maintained if all six samples pass the test sequence (see Table IE.2, sequence Q). If five samples pass the test sequence, the subsequent inspection is made one month only after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.
- Normal to tightened
When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when four samples only pass the test sequence.
- Normal to production stop
When normal inspection is applied and less than four samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.
- Tightened to normal
When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when at least 12 samples pass the test sequence (see Table IE.2).
- Stay at tightened level
When, being at tightened level, 10 or 11 samples only pass the test sequence, the tightened level is maintained and the subsequent inspection is made one month after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.
- Tightened to production stop
In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when less than 10 samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.
- Restart production
The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be under tightened inspection conditions.

IE.2.3.2 Annual testing programme

For the purpose of the annual testing programme the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspections are considered, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied.

– Stay at the normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all samples pass the test sequence. If two samples pass the test sequence Y1 and no failure occurs during the test sequences Y2 and Y3, the subsequent inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when either:

- only one sample passes the sequence Y1;
- or one failure occurs during any one of test sequences Y2 or Y3.

The subsequent inspection shall be effected within three months of the preceding one, at tightened level for any test sequence in which the failure occurred and at normal level for the other test sequences.

– Normal to production stop

When normal inspection is applied and no sample passes the test sequence Y1, or more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when:

- at least five samples pass the test sequence Y1; and
- no failure occurs during the test sequence Y2 or Y3.

– Stay at tightened level

When, being at tightened level, four samples only pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the tightened level is maintained and the following inspection is made three months after the preceding one, with the same number of samples and the same test sequences.

– Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when during one annual inspection one of the following failures occurs:

- less than four samples pass the test sequence Y1;
- more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3;

the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be under tightened inspection conditions.

IE.2.4 Number of samples to be tested

The numbers of samples for the various inspection levels are given in Table IE.2.

Table IE.2 – Number of samples to be tested

Inspection sequence	Number of samples for normal inspection	Number of samples for tightened inspection
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 each	6 each

Out of each series of RCBOs of the same fundamental design only one set of samples need be tested, irrespective of the ratings.

For the purpose of this follow-up testing programme, RCBOs are considered to be of the same fundamental design, if they belong to the same classification according to 4.1, and

- the residual current operating means have identical tripping mechanism and identical relay or solenoid, except for:
 - the number of turns and cross-sectional area of the windings;
 - the sizes and material of the core of the differential transformer;
 - the rated residual current; and
- the electronic part, if any, is of the same design and uses the same components except for variations as to achieve different $I_{\Delta n}$.

Annex J (normative)

Particular requirements for RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors

J.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of Clause 1, equipped with screwless terminals, for current not exceeding 20 A primarily suitable for connecting unprepared (see J.3.6) copper conductors of cross-section up to 4 mm².

NOTE 1 In AT, CZ, DE, DK, NL, NO and CH the upper limit of current for use of screwless terminals is 16 A.

In this annex, screwless terminals are referred to as terminals and copper conductors are referred to as conductors.

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned, applies, without modification.

J.2 Normative references

Clause 2 applies.

J.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following definitions apply:

J.3.1 **clamping units**

parts of the terminal necessary for mechanical clamping and the electrical connection of the conductors including the parts which are necessary to ensure correct contact pressure

J.3.2 **screwless-type terminal**

terminal for the connection and subsequent disconnection obtained directly or indirectly by means of springs, wedges or the like

Note 1 to entry: Examples are given in Figure J.2

J.3.3 **universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (rigid and flexible)

Note 1 to entry: In the following countries only universal screwless type terminals are accepted: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE and CH.

J.3.4 **non-universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only (e.g. rigid-solid conductors only or rigid-[solid or stranded] conductors only)

J.3.5 **push-wire terminal**

non-universal terminal in which the connection is made by pushing-in rigid (solid or stranded) conductors

J.3.6**unprepared conductor**

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed over a certain length for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor the shape of which is arranged for introduction into a terminal or of which the strands may be twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

Note 2 to entry: The term "unprepared conductor" means conductor not prepared by soldering of the wire, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but includes its reshaping before introduction into the terminal or, in the case of flexible conductor, by twisting it to consolidate the end.

J.4 Classification

Clause 4 applies.

J.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

J.6 Marking and other product information

In addition to Clause 6, the following requirements apply:

Universal terminals:

- no marking.

Non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors shall be marked by the letters "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors shall be marked by the letter "r";
- terminals declared for flexible conductors shall be marked by the letter "f".

The markings should appear on the RCBO or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

An appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal shall be shown on the RCBO.

The manufacturer shall also provide information, in his literature, on the maximum number of conductors which may be clamped.

J.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

J.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following modifications.

In 8.1.5, only 8.1.5.1, 8.1.5.2, 8.1.5.3, 8.1.5.6 and 8.1.5.7 apply.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2 of this annex, instead of 9.4 and 9.5.

In addition the following requirements apply.

J.8.1 Connection or disconnection of conductors

The connection or disconnection of conductors shall be made

- by the use of a general purpose tool or by a convenient device integral with the terminal to open it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductors (e.g. for universal terminals);

or, for rigid conductors

- by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull on the conductor shall be necessary (e.g. for push-wire terminals).

Universal terminals shall accept rigid (solid or stranded) and flexible unprepared conductors.

Non-universal terminals shall accept the types of conductors declared by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.2 Dimensions of connectable conductors

The dimensions of connectable conductors are given in Table J.1.

The ability to connect these conductors shall be checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

Table J.1 – Connectable conductors

Connectable conductors and their theoretical diameter									
Metric					AWG				
Rigid			Flexible		Rigid			Flexible	
	Solid	Stranded				Solid ^{a)}	Class B stranded ^{a)}		Classes I, K, M, stranded ^{b)}
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, and ICEA publications S-19-81, S-66-524 and S-68-516.									
^{a)} Nominal diameter + 5 %.									
^{b)} Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K and M.									

J.8.3 Connectable cross-sectional areas

The nominal cross-sections to be clamped are defined in Table J.2.

**Table J.2 – Cross-sections of copper conductors
connectable to screwless-type terminals**

Rated current A	Nominal cross-sections to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 up to and including 2,5
Above 13 up to and including 20	1,5 up to and including 4

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.4 Insertion and disconnection of conductors

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by inspection.

J.8.5 Design and construction of terminals

Terminals shall be so designed and constructed that:

- each conductor is clamped individually;
- during the operation of connection or disconnection the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- inadequate insertion of the conductor is avoided.

It shall be possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided for.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.6 Resistance to ageing

The terminals shall be resistant to ageing.

Compliance is checked by the test of J.9.3.

J.9 Tests

Clause 9 applies, by replacing 9.4 and 9.5 by the following tests:

J.9.1 Test of reliability of screwless terminals

J.9.1.1 Reliability of screwless system

The test is carried out on three terminals of poles of new samples, with copper conductors of the rated cross sectional area in accordance with Table J.2. The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

The connection and subsequent disconnection shall be made five times with the smallest diameter conductor and successively five times with the largest diameter conductor.

New conductors shall be used each time, except for the fifth time, when the conductor used for the fourth insertion is clamped at the same place. Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors shall be re-shaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

For each insertion, the conductors are either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After each insertion, the conductor being inserted is rotated 90 ° along its axis at the level of the clamped section and subsequently disconnected.

After these tests, the terminal shall not be damaged in such a way as to impair its further use.

J.9.1.2 Test of reliability of connection

Three terminals of poles of new samples are fitted with new copper conductors of the type and of the rated cross sectional area according to Table J.2.

The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

It shall be possible to fit the conductor into the terminal without undue force in the case of universal terminals and with the force necessary by hand in the case of push-wire terminals.

The conductor is either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After the test, no wire of the conductor shall have escaped outside the terminal.

J.9.2 Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength

For the pull-out test three terminals of poles of new samples are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to Table J.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

Each conductor is then subjected to a pull force of the value shown in Table J.3. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

Table J.3 – Pull forces

Cross-sectional area mm ²	Pull force N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

During the test the conductor shall not slip out of the terminal.

J.9.3 Cycling test

The test is made with new copper conductors having cross section according to Table 13.

The test is carried out on new samples (a sample is one pole), the number of which is defined below, according to the type of terminals:

- universal terminals for rigid (solid and stranded) and flexible conductors: 3 samples each (6 samples in total);
- non-universal terminals for solid conductors only: 3 samples;
- non-universal for rigid (solid and stranded) conductors: 3 samples each (6 samples);

NOTE In case of rigid conductors, solid conductors should be used (if solid conductors are not available in a given country, stranded conductors may be used).

- non-universal for flexible conductors only: 3 samples.

A conductor having the cross section defined in Table 13 is connected in series as in normal use to each of the three samples as defined on Figure J.1.

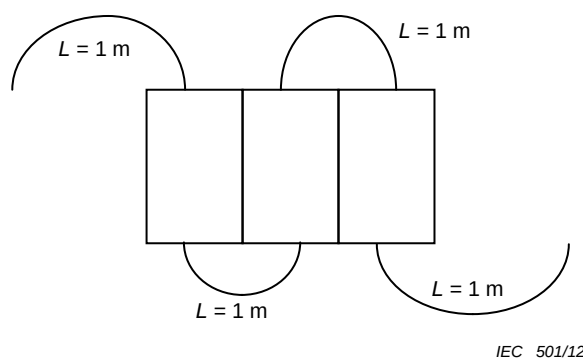


Figure J.1 – Connecting samples

The sample is provided with a hole (or equivalent) in order to measure the voltage drop on the terminal.

The whole test arrangement, including the conductors, is placed in a heating cabinet which is initially kept at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

To avoid any movement of the test arrangement until all the following voltage drop tests have been completed it is recommended that the poles are fixed on a common support.

Except during the cooling period, a test current corresponding to the rated current of the circuit breaker is applied to the circuit.

The samples shall be then subjected to 192 temperature cycles, each cycle having a duration of approximately 1 h, as follows:

The air temperature in the cabinet is raised to $40 ^\circ\text{C}$ in approximately 20 min. It is maintained within $\pm 5 ^\circ\text{C}$ of this value for approximately 10 min.

The samples are then allowed to cool down in approximately 20 min to a temperature of approximately $30 ^\circ\text{C}$, forced cooling being allowed. They are kept at this temperature for approximately 10 min and, if necessary for measuring the voltage drop, allowed to cool down further, to a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

The maximum voltage drop, measured at each terminal, at the end of the 192nd cycle, with the nominal current shall not exceed the smaller of the two following values:

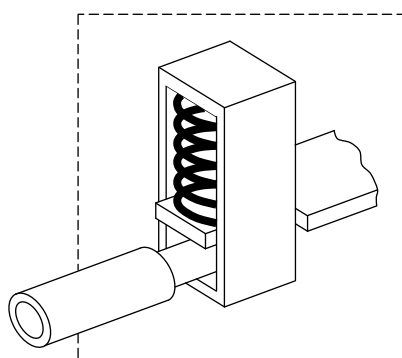
- either 22,5 mV;
- or 1,5 times the value measured after the 24th cycle.

The measurement shall be made as near as possible to the area of contact on the terminal.

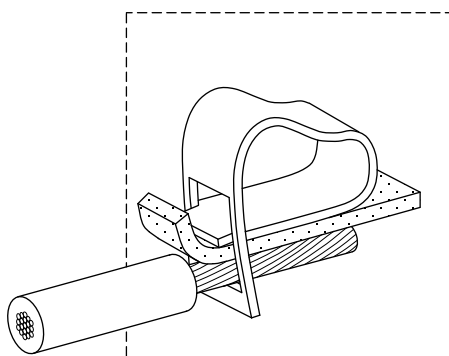
If the measuring points cannot be positioned closely to the point of contact, the voltage drop within the part of the conductor between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured.

The temperature in the heating cabinet shall be measured at a distance of at least 50 mm from the samples.

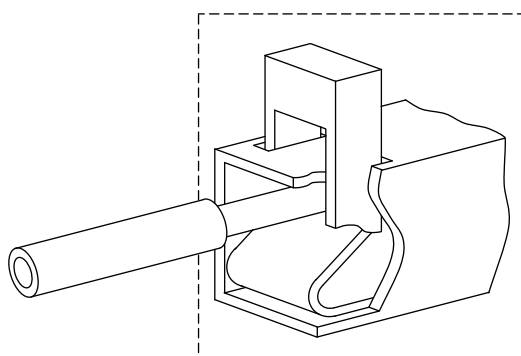
After this test an inspection with the naked eye, by normal or corrected vision, without additional magnification, shall show no changes evidently impairing further use, such as cracks, deformations or the like.



Screwless-type terminal with indirect pressure



Screwless-type terminal with direct pressure



Screwless-type terminal with actuating element

IEC 502/12

Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals

J.10 Reference documents

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60998-1, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60998-2-2, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999 (all parts), *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units*

ASTM B172-01a, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*

ICEA S-19-81 / NEMA WC3, *Rubber-Insulated Wire and Cable* ⁴

ICEA S-66-524 / NEMA WC7, *Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable* ¹

ICEA S-68-516 / NEMA WC8, *Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable* ⁵

⁴ Withdrawn.

⁵ Withdrawn.

Annex K (normative)

Particular requirements for RCBOs with flat quick-connect terminations

K.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of Clause 1, equipped with flat quick-connect terminations consisting of a male tab (see K.3.2) with nominal width 6,3 mm and thickness 0,8 mm, to be used with a mating female connector for connecting electrical copper conductors according to the manufacturer's instructions, for rated currents up to and including 16 A.

NOTE 1 The use of RCBOs with flat quick-connect terminations for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, ES, PT and US.

The connectable electrical copper conductors are flexible, having a cross-sectional area up to and including 4 mm², or rigid stranded, having a cross-sectional area up to and including 2,5 mm² (AWG equal to or greater than 12).

This annex applies exclusively to RCBOs having male tabs as an integral part of the device.

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned applies without modification.

K.2 Normative references

As a complement to Clause 2, the following normative reference applies:

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

K.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following definitions apply:

K.3.1

flat quick-connect termination

electrical connection consisting of a male tab and a female connector which can be pushed into and withdrawn with or without the use of a tool

K.3.2

male tab

portion of a quick-connect termination which receives the female connector

K.3.3

female connector

portion of a quick-connect termination which is pushed onto the male tab

K.3.4

detent

dimple (depression) or hole in the male tab which engages a raised portion on the female connector to provide a latch for the mating parts.

K.4 Classification

Clause 4 applies.

K.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

K.6 Marking and other product information

The whole of Clause 6 applies, with the following addition after the lettered item k).

The following information regarding the female connector according to IEC 61210 and the type of conductor to be used shall be given in the manufacturers' instructions:

- l) manufacturer's name or trade mark;
- m) type reference;
- n) information on cross-sections of conductors and colour code of insulated female connectors (see Table K.1 below);
- o) the use of only silver or tin-plated copper alloys.

**Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors
in relationship with the cross section of the conductor**

Cross-section of the conductor mm ²	Colour code of the female connector
1	Red
1,5	Red or blue
2,5	Blue or yellow
4	Yellow

K.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

K.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following exceptions:

Replace the contents of 8.1.3 by the following text:

K.8.1 Clearances and creepage distances (see also Annex B)

Subclause 8.1.3 applies, the female connectors being fitted to the male tabs of the RCBO.

Replace the contents of 8.1.5 by the following text:

K.8.2 Terminals for external conductors

K.8.2.1 Male tabs and female connectors shall be of a metal having mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

NOTE Silver or tin plated copper alloys are examples of suitable solutions.

K.8.2.2 The nominal width of the male tab is 6,3 mm and the thickness 0,8 mm, applicable to rated currents up to and including 16 A.

NOTE 1 The use for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, PT, ES and US.

The dimensions of the male tab shall comply with those specified in Table K.3 and in figures K.2, K.3, K.4 and K.5, where the dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N and Q are mandatory.

The dimensions of the female connector which may be fitted-on are given in Figure K.6 and in Table K.4.

NOTE 2 The shapes of the various parts may deviate from those given in the figures, provided that the specified dimensions are not influenced and the test requirements are complied with, for example: corrugated tabs, folded tabs, etc.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

K.8.2.3 Male tabs shall be securely retained.

Compliance is checked by the mechanical overload test of K.9.1.

K 9 Tests

Clause 9 applies, with the following modifications:

Replace the contents of 9.5 by the following text:

K.9.1 Mechanical overload-force

This test is done on 10 terminals of RCBOs, mounted as in normal use when wiring takes place.

The axial push force, and successively the axial pull force specified in the following Table K.2, are gradually applied to the male tab integrated in the RCBO, once only with a suitable test apparatus.

Table K.2 – Overload test forces

Push N	Pull N
96	88

No damage which could impair further use shall occur to the tab or to the RCBO in which the tab is integrated.

Add the following text to 9.8.3:

Fine-wire thermocouples shall be placed in such a way as not to influence the contact or the connection area. An example of placement is shown in Figure K.1.

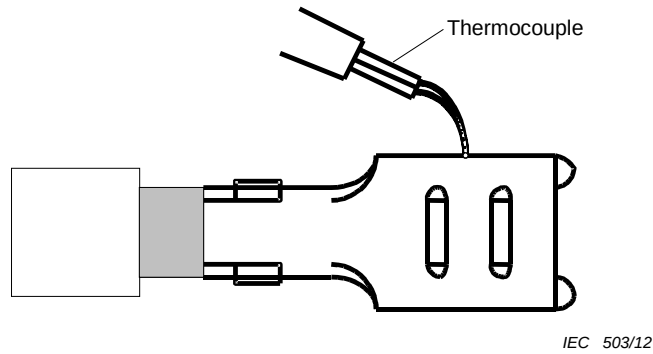


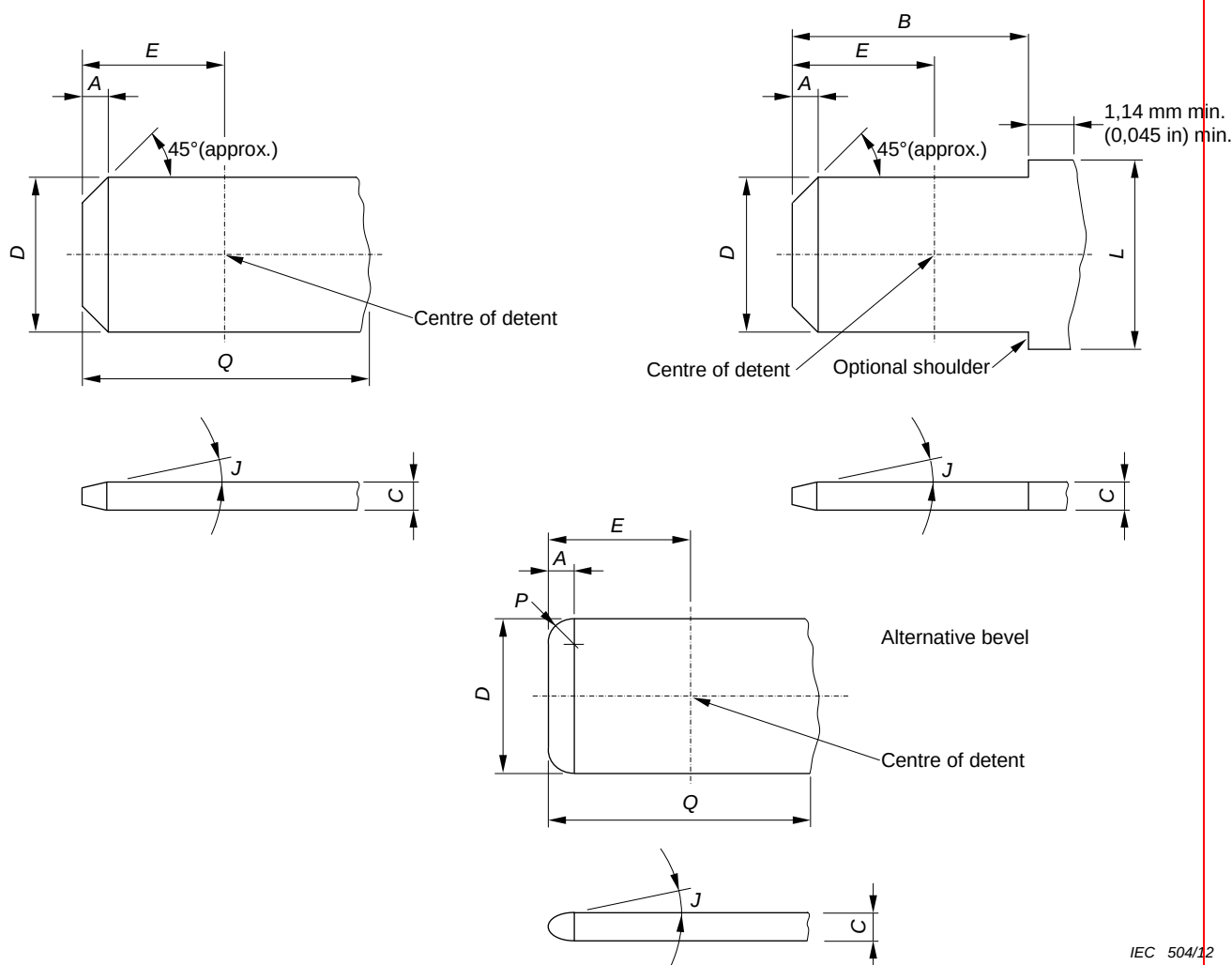
**Figure K.1 – Example of position of the thermocouple
for measurement of the temperature-rise**

Table K.3 – Dimensions of tabs

Nominal size mm		<i>A</i>	<i>B</i> min	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>J</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>Q</i> min
6,3 × 0,8	Dimple	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12 °	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8 °	2,2	1,8	0,7	8,9
	Hole	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12 °			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8 °			0,7	8,9

NOTE 1 For the dimensions *A* to *Q* refer to Figures K.2 to K.5.

NOTE 2 Where two values are shown in one column, they give the maximum and the minimum dimension.



IEC 504/12

NOTE 1 Bevel A of 45 ° need not be a straight line if it is within the confines shown.

NOTE 2 Dimension L is not specified and may vary by the application (for example fixing).

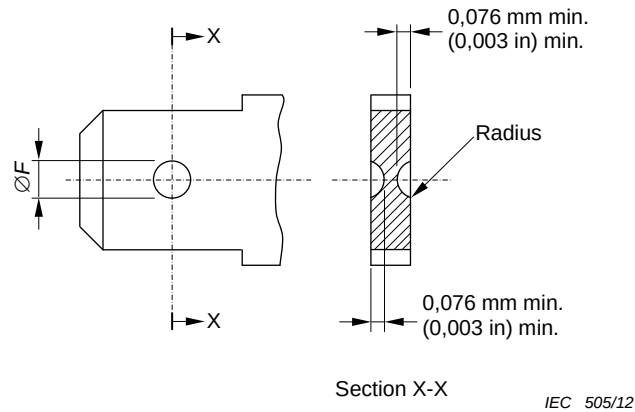
NOTE 3 Dimension C of tabs can be produced from more than one layer of material provided that the resulting tab complies in all respects with the requirements of this standard. A radius on the longitudinal edge of the tab is permissible.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except with regard to the dimensions shown.

NOTE 5 The thickness C of the male tab may vary beyond Q or beyond B + 1,14 mm (0,045 in)

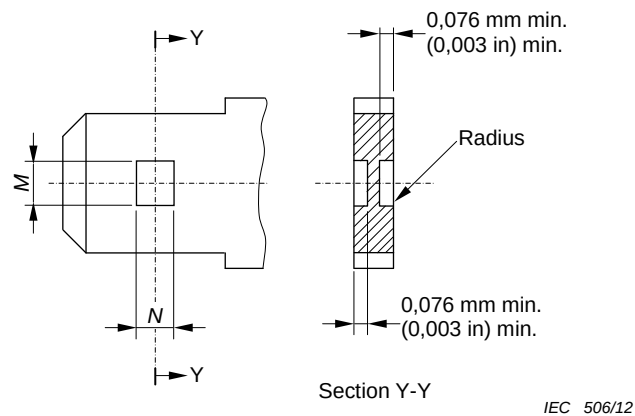
NOTE 6 All portions of the tabs are flat and free of burrs or raised plateaus, except that there may be a raised plateau over the stock thickness of 0,025 mm (0,001 in) per side, in an area defined by a line surrounding the detent and distant from it by 1,3 mm (0,051 in).

Figure K.2 – Dimensions of male tabs



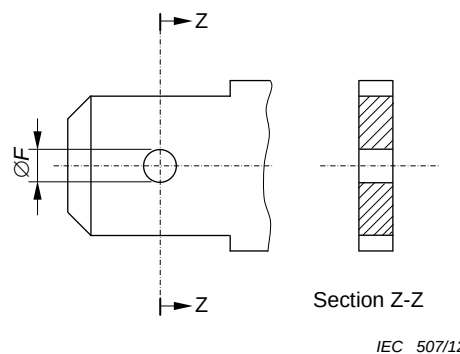
Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)



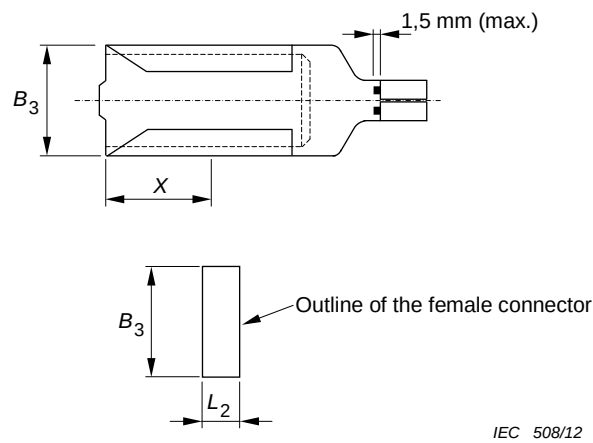
Detent shall be located within 0,13 mm (0,005 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)



Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.5 – Dimensions of hole detents



Dimensions B_3 and L_2 are mandatory.

NOTE 1 For determining female connector dimensions varying from B_3 and L_2 it is necessary to refer to the tab dimensions in order to ensure that in the most onerous conditions the engagement (and detent, if fitted) between tab and female connector is correct.

NOTE 2 If a detent is provided, the dimension X is at manufacturer's discretion in order to meet the requirements of the performance clauses.

NOTE 3 Female connectors should be so designed that undue insertion of the conductor into the crimping area is visible or prevented by a stop in order to avoid any interference between the conductor and a fully inserted tab.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except as regards the dimensions shown.

Figure K.6 – Dimensions of female connectors

Table K.4 – Dimensions of female connectors

Tab size mm	Dimensions of female connector mm	
	B_3 max	L_2 max
6,3 × 0,8	7,8	3,5

K.10 Reference documents

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

Annex L (normative)

Specific requirements for RCBOs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors

L.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of this standard, equipped with screw-type terminals of copper – or of alloys containing at least 58 % of copper (if worked cold) or at least 50 % of copper (if worked otherwise), or of other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable – for use with untreated aluminium conductors, or with screw-type terminals of aluminium material for use with copper or aluminium conductors.

In this annex, copper-clad and nickel-clad aluminium conductors are considered as aluminium conductors.

NOTE 1 In AT, AU and DE, the use of aluminium screw-type terminals for use with copper conductors is not allowed.

- In Austria, Switzerland and Germany, terminals for aluminium conductors only are not allowed.
- In Spain, the use of aluminium conductors is not allowed for final circuits in household and similar installations e.g. offices, shops..
- In Denmark, the minimum cross-sectional area for aluminium conductors is 16 mm².

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned, applies, without modification.

L.2 Normative references

Clause 2 applies with the following addition:

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

L.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following additional definitions apply for the purpose of this annex.

L.3.1 treated conductor

contact area of a conductor that has had its oxide layer on the outside strands scraped away and/or has had a compound added to improve connectability and/or prevent corrosion

L.3.2 untreated/unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor, the shape of which is arranged for introduction into a terminal or the strands of which are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

L.3.3

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotentiality point and uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

L.3.4

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit. It enables the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined

L.3.5

stability factor S_f

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

L.4 Classification

Clause 4 applies.

L.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

L.6 Marking and other product information

In addition to Clause 6, the following requirements apply:

The terminal marking defined in Table L.1 shall be marked on the RCBO, near the terminals.

The other information concerning the number of conductors, the screw torque values (if different from Table 14) and the cross-sections shall be indicated on the RCBO.

Table L.1 – Marking for terminals

Conductor types accepted	Marking
Copper only	None
Aluminium only	Al
Aluminium and copper	Al/Cu

The manufacturer shall state in his catalogue that, for the clamping of an aluminium conductor the tightening torque shall be applied with appropriate means.

L.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

L.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following exceptions:

Add the following text at the end of 8.1.5.2:

For the connection of aluminium conductors, RCBOs shall be provided with screw-type terminals allowing the connection of conductors having nominal cross-sections as shown in Table L.2.

Terminals for the connection of aluminium conductors and terminals of aluminium for the connection of copper or aluminium conductors shall have mechanical strength adequate to withstand the tests of 9.4, with the test conductors tightened with the torque indicated in Table 14, or with the torque specified by the manufacturer, which shall never be lower than that specified in Table 14.

Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals

Rated Current ^{a)} A	Range of nominal cross-sections ^{b)} to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 to 4
Above 13 up to and including 16	1 to 6
Above 16 up to and including 25	1,5 to 10
Above 25 up to and including 32	2,5 to 16
Above 32 up to and including 50	4 to 25
Above 50 up to and including 80	10 to 35
Above 80 up to and including 100	16 to 50
Above 100 up to and including 125	25 to 70

^{a)} It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors; the use of flexible conductors is permitted. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 10 mm² be designed to clamp solid conductors only.

^{b)} Maximum wire sizes of Table 5, increased according to Table D.2 of IEC 61545:1996.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-section areas as specified.

8.1.5.4

Replace the text of 8.1.5.4 by the following:

Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection and the tests of L.9.

L.9 Tests

Clause 9 applies, with the following modifications/additions:

For the tests which are influenced by the material of the terminal and the type of conductor that can be connected, the test conditions of Table L.3 are applied.

Additionally the test of L.9.2 is carried out on terminals separated from the RCBO.

Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals

Material of terminals	Material according to 8.1.4.4 a)	Al a)	
Material of conductor (Table L.1)	Al Use Tables L.2 and L.5	Cu Use Tables 8 and 13	Al Use Tables L.2 and L.5
9.4 Reliability of screws	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.1 Pull-out test b)	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.2 Damage of the conductor	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.3 Insertion of the conductor	Use Table L.4	Use Table 16	Use Table L.4
9.8 Temperature rise	Use Table L.5	Use Table 13	Use Table L.5
9.22 Verification of reliability	Use Table L.5	Use Table 13	Use Table L.5
L.9.2 Cycling test	Use Table 14	Use Table 14	Use Table 14
a) Use test sequences A and B and number of samples defined in Annex C. For RCBOs which are able to be connected to Al or Cu conductors, the test sequences and number of samples have to be doubled (one for the Cu conductor and one for the Al conductor)			
b) For the pull-out test of 9.5.1, the value for 70 mm ² wire is under consideration.			

Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters

Metric					AWG				
Rigid			Flexible (copper only)		Rigid			Flexible (copper only)	
S	Solid	Stranded	S			Solid a)	Class B stranded a)		Classes b) I, K, M stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Gauge	Ø mm	Ø mm	Gauge	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^{c)}	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^{c)}	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^{c)}	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228 and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
a) Nominal diameter + 5 %.									
b) Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K, M.									
c) Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.									

L.9.1 Test conditions

Subclause 9.1 applies, except that the Al conductors to be connected are taken from Table L.5.

Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.2 Current cycling test**L.9.2.1 General**

This test verifies the stability of the screw-type terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under accelerated cycling conditions.

This test is carried out on separate terminals.

L.9.2.2 Preparation

The test is performed on four specimens, each one made by a couple of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the RCBO (see examples shown in Figures L.2 to L.6). The screw-type terminals which have been removed from the product shall be attached to the conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as that on which they are mounted on the product. The screw-type terminals shall be fixed to the conducting parts in the same manner (position, torque, etc.) as on the product. If one specimen fails during the test, four other specimens shall be tested and no other failures are admitted.

L.9.2.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure L.1.

Ninety per cent of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 11 shall be used for the test specimens.

The test is carried out with conductors according to Table L.5. The length of the test conductor from the point of entry to the screw-type terminal specimens to the equalizer (see L.3.3) shall be as in Table L.6.

Table L.6 – Test conductor length

Conductor cross section mm ²	Conductor wire size AWG	Minimum conductor length mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section.

The length of the reference conductor shall be approximately at least twice the length of the test conductor.

Each free end of the test and reference conductor(s) not connected to a screw-type terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of an equalizer of the same material as the conductor and of cross section not greater than that given in Table L.7. All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer.

Tool-applied compression type terminations without welding may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer and if the same performance is provided.

Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions

Range of test current A	Maximum cross section mm ²	
	Al	Cu
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

The separation between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or busbar by non-conductive supports so as not to subject the screw-type terminal to a tensile load. Thermal barriers shall be installed midway between the conductors which shall extend $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ widthways and $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ lengthways beyond the screw-type terminals (see Figure L.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C. Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 1 \text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

L.9.2.4 Temperature measurement

Temperature measurements are made by means of thermocouples, using a wire having a cross-section of not more than $0,07 \text{ mm}^2$ (approximately 30 AWG).

For screw-type terminals, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the screw-type terminal, close to the contact interface.

For the reference conductor, the thermocouples shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

Positioning of the thermocouples shall not damage the screw-type terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

The ambient temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately 50 mm × 50 mm, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

L.9.2.5 Test method and acceptance criteria

NOTE 1 Evaluation of performance is based on both the limit of screw-type terminal temperature rise and the temperature variation during the test.

The test loop shall be subjected to 500 cycles of 1 h current-on and 1 h current-off, starting at an a.c. current equal to 1,12 times the test current value determined in Table L.8. Near the end of each current-on period of the first 24 cycles, the current shall subsequently be adjusted to raise the temperature of the reference conductor to 75 °C.

At the 25th cycle the test current shall be adjusted for the last time and the stable temperature shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall be recorded for at least one cycle of each working day, and after approximately 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles.

The temperature shall be measured during the last 5 min of the current-on time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the current-on time shall be extended as necessary to complete such measurements.

After the first 25 cycles the current-off time may be reduced to a time 5 min longer than the time necessary to all terminal assemblies for cooling down to a temperature between ambient temperature T_a and $T_a + 5$ K during the current-off period. Forced-air cooling may be employed to reduce the off time, if acceptable to the manufacturer. In that case it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements is to be determined by subtracting the average temperature deviation D from the 11 values of the temperature deviation d .

The temperature deviation d for the 11 individual temperature measurements is obtained by subtracting the associated reference conductor temperature from the screw-type terminal temperature.

NOTE 2 The value of d is positive if the screw-type temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each screw-type terminal

- the temperature rise shall not exceed 110 K;
- the stability factor S_f shall not exceed ± 10 °C.

An example of calculation for one screw-type terminal is given in Table L.9.

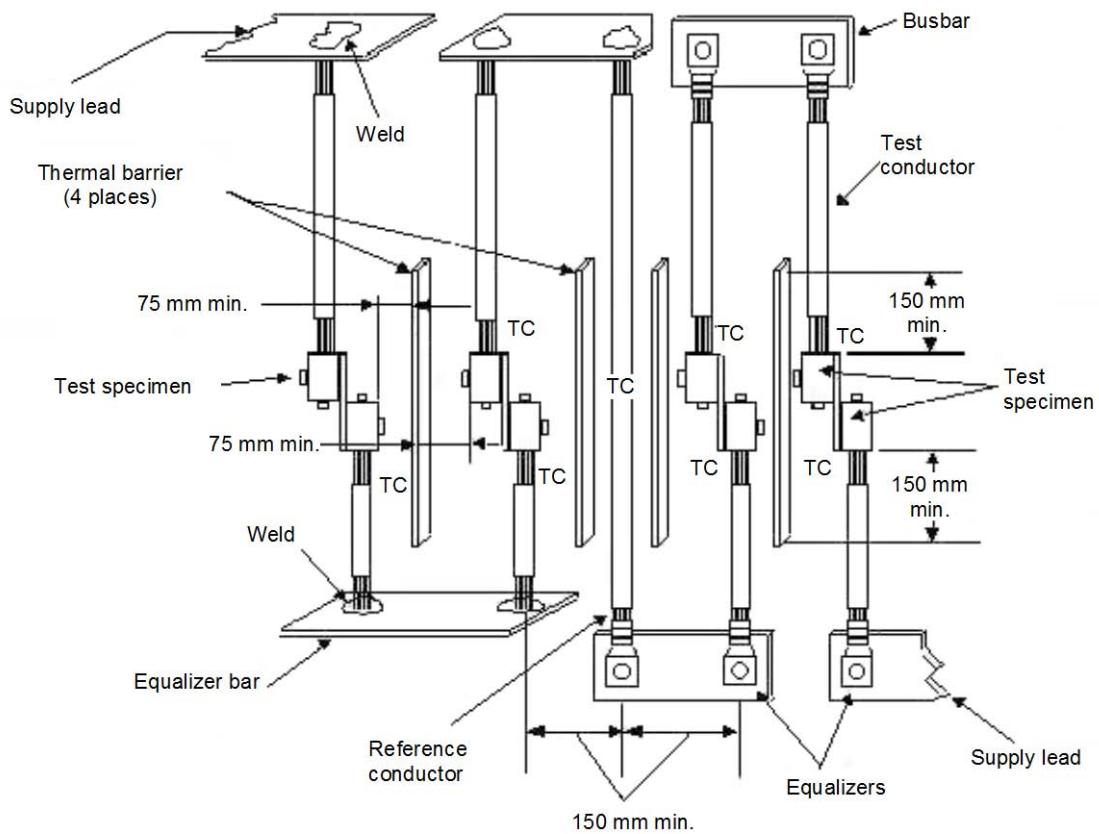
Table L.8 – Test current as a function of rated current

Metric sizes			AWG		
Rated current	Al conductor size	Test current	Rated current	Al conductor size	Test Current
A	mm ²	A	A	N °	A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D

Temperature measurement	Cycle number	Temperatures		Temperature deviation $d = a - b$	Stability factor $S_f = d - D$
		Screw-type terminal a	Reference conductor b		
		°C	°C	K	K
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

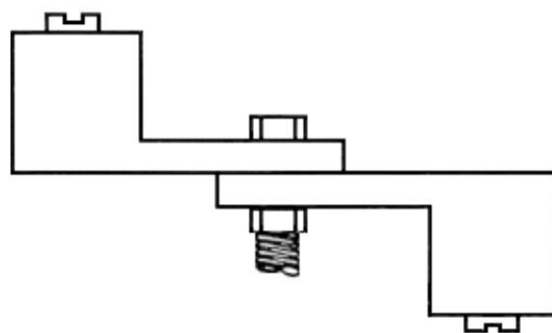
Average temperature deviation $D = \frac{\Sigma d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$



TC Thermocouple

IEC 509/12

Figure L.1 – General arrangement for the test



IEC 510/12

NOTE The conducting part may be bolted, soldered or welded.

Figure L.2

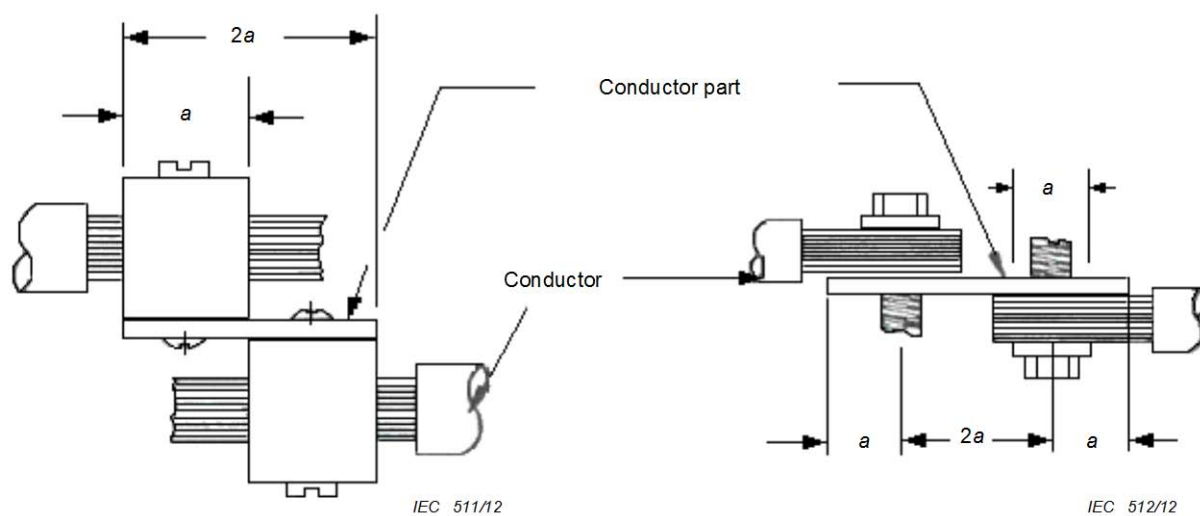


Figure L.3

Figure L.4

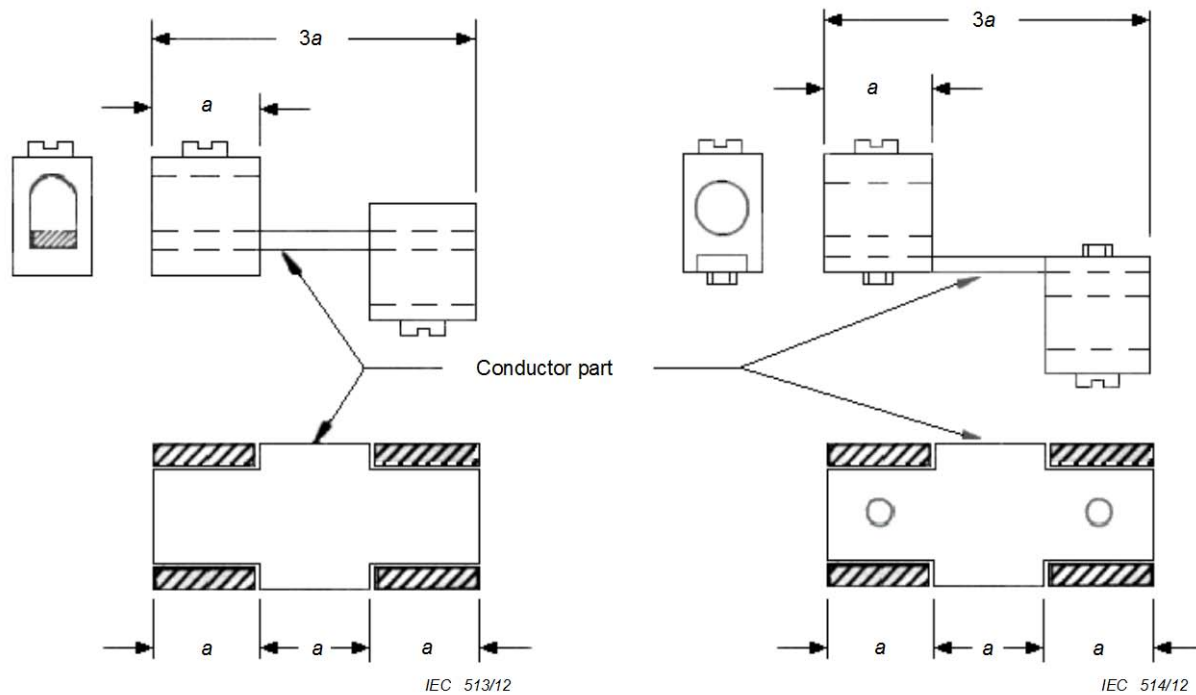


Figure L.5

Figure L.6

Bibliography

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 101: Mathematics*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2008, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing /hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC/TR 60755:1983, *General requirements for residual current operated protective devices*⁶

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60947-12007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 62640, *Residual current devices with or without overcurrent protection for socket-outlets for household and similar uses*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

⁶ The 1983 edition has been cancelled and replaced by IEC 60755:2008.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	202
INTRODUCTION.....	204
1 Domaine d'application.....	205
2 Références normatives	207
3 Termes and définitions	208
3.1 Définitions relatives aux courants circulant des parties actives à la terre	208
3.2 Définitions relatives à l'alimentation d'un DD	208
3.3 Définitions relatives à la commande et aux fonctions des DD	209
3.4 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'alimentation	212
3.5 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'influence.....	216
3.6 Définitions relatives aux bornes	217
3.7 Définitions relatives aux conditions de fonctionnement	218
3.8 Définitions relatives aux éléments constitutifs.....	219
3.9 Définitions relatives aux essais	220
3.10 Définitions relatives à la coordination de l'isolement	221
4 Classification.....	222
4.1 Selon le mode de fonctionnement	223
4.1.1 DD fonctionnellement indépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.8).....	223
4.1.2 DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.9).....	223
4.2 Selon le type d'installation	223
4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant.....	223
4.4 Selon les possibilités de réglage des courants différentiels de fonctionnement.....	223
4.5 Selon la résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de surtension	223
4.6 Selon le comportement en présence de composantes continues	224
4.7 Selon la temporisation (en présence d'un courant différentiel)	224
4.8 Selon la protection contre les influences externes	224
4.9 Selon la méthode de montage.....	224
4.10 Selon le mode de connexion	224
4.11 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.4.18)	224
4.12 D'après la caractéristique I^2t	224
4.13 Selon le type de bornes	225
5 Caractéristiques des DD	225
5.1 Enumération des caractéristiques	225
5.2 Valeurs assignées et caractéristiques	225
5.2.1 Tension assignée.....	225
5.2.2 Courant assigné (I_n).....	226
5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	226
5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	226
5.2.5 Fréquence assignée.....	226
5.2.6 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})	226
5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	226

5.2.8	DD type S	226
5.2.9	Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue.....	227
5.3	Valeurs normales et préférentielles	227
5.3.1	Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)	227
5.3.2	Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n).....	228
5.3.3	Valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	228
5.3.4	Valeurs normales du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	228
5.3.5	Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	228
5.3.6	Valeurs du pouvoir de coupure assigné	228
5.3.7	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	228
5.3.8	Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non- réponse pour DD de type AC et A.....	229
5.3.9	Plages normales de surintensité de déclenchement instantané	230
5.3.10	Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	230
6	Marquage et autres informations sur le produit	231
7	Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation.....	233
7.1	Conditions normales	233
7.2	Conditions d'installation	234
7.3	Degré de pollution	234
8	Exigences de construction et de fonctionnement	234
8.1	Réalisation mécanique.....	234
8.1.1	Généralités	234
8.1.2	Mécanisme	234
8.1.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B).....	236
8.1.4	Vis, parties transportant le courant et connexions	239
8.1.5	Bornes pour conducteurs externes	240
8.1.6	Non-interchangeabilité	243
8.2	Protection contre les chocs électriques	243
8.3	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	244
8.4	Echauffements	244
8.4.1	Limites d'échauffement	244
8.4.2	Température de l'air ambiant.....	245
8.5	Caractéristiques de fonctionnement	245
8.5.1	En cas de courant différentiel résiduel	245
8.5.2	En cas de surintensité.....	245
8.6	Endurance mécanique et électrique	247
8.7	Tenue aux courants de courts-circuits.....	247
8.8	Résistance aux chocs mécaniques.....	247
8.9	Résistance à la chaleur	247
8.10	Résistance à la chaleur anormale et au feu	247
8.11	Dispositif de contrôle	247
8.12	Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation	248
8.13	~~Comportement des DD en cas de surintensité monophasée dans les DD tri- ou tétrapolaires-Vide~~	248

8.14	Comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension.....	2486
8.15	Comportement des DD en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue	249
8.16	Fiabilité	249
8.17	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	249
9	Essais	249
9.1	Généralités.....	249
9.2	Conditions d'essais.....	250
9.3	Vérification de l'indélébilité du marquage	251
9.4	Vérification de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions	252
9.5	Vérification de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre	253
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques	255
9.7	Essai des propriétés diélectriques.....	256
9.7.1	Résistance à l'humidité	256
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal.....	256
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	257
9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	258
9.7.5	Circuit secondaire des transformateurs de détection	258
9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement	259
9.7.7	Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts.....	259
9.8	Essais d'échauffement.....	265
9.8.1	Température de l'air ambiant.....	265
9.8.2	Procédure d'essai	265
9.8.3	Mesure de la température des différentes parties.....	265
9.8.4	Echauffement d'un élément	265
9.9	Vérification de la caractéristique de fonctionnement	265
9.9.1	Vérification des caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courants différentiels résiduels.....	265
9.9.2	Vérification de la caractéristique de fonctionnement dans des conditions de surintensité.....	269
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	270
9.10.1	Conditions générales de l'essai	270
9.10.2	Procédure d'essais.....	271
9.10.3	Etat du DD après les essais	271
9.11	Vérification du mécanisme à déclenchement libre.....	272
9.11.1	Conditions générales d'essai.....	272
9.11.2	Procédure d'essai	272
9.12	Essais de court-circuit	272
9.12.1	Conditions générales d'essai.....	272
9.12.2	Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit	273
9.12.3	Valeur des grandeurs d'essai	274
9.12.4	Tolérances sur les grandeurs d'essai	275
9.12.5	Facteur de puissance du circuit d'essai	275
9.12.6	Mesures et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p).....	275

9.12.7	Etalonnage du circuit d'essai.....	275
9.12.8	Interprétation des enregistrements	276
9.12.9	Etat du DD pour les essais.....	276
9.12.10	Comportement du DD pendant les essais de court-circuit	277
9.12.11	Procédure d'essai	277
9.12.12	Vérification du DD après les essais de court-circuit	281
9.12.13	Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)	282
9.13	Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	283
9.13.1	Secousses mécaniques.....	283
9.13.2	Chocs mécaniques.....	284
9.14	Vérification de résistance à la chaleur.....	286
9.15	Vérification de résistance à la chaleur anormale et au feu	287
9.16	Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	288
9.17	Vérifications du comportement du DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation classé selon le 4.1.2.1, en cas de défaillance de la tension d'alimentation	289
9.17.1	Vérification de la valeur limite de la tension de fonctionnement (U_x)	289
9.17.2	Vérification de l'ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation	289
9.17.3	Vérification du fonctionnement correct en présence d'un courant différentiel pour les DD à ouverture temporisée en cas de défaillance de la tension d'alimentation	289
9.17.4	Vérification du fonctionnement correct d'un DD ayant trois ou quatre voies de courant en présence d'un courant différentiel résiduel, le neutre et une seule des autres voies étant alimentés	290
9.17.5	Vérification de la fonction de refermeture des DD se refermant automatiquement	290
9.18	~~Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tri- ou tétrapolaire~~ Vide	290
9.19	Vérification du comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension	290
9.19.1	Essai de tenue à l'onde de courant (essai à l'onde récurrente amortie 0,5 μ s/100 kHz) pour tous les DD	290
9.19.2	Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μ s).....	291
9.20	~~Vérification de la résistance de l'isolation à une onde de surtension~~ Vide	292
9.21	~~Vérification du fonctionnement correct des courants différentiels résiduels avec composante continue~~ Vide	292
9.21.1	~~Dispositifs différentiels du type A.....~~	~~293~~
9.22	Vérification de la fiabilité.....	294
9.22.1	Essais climatiques	294
9.22.2	Essai à la température de 40 °C	296
9.23	Vérification du vieillissement des composants électroniques.....	296
9.24	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	296
9.24.1	Essais couverts par la présente norme	296
9.24.2	Essais complémentaires.....	297
9.25	Essai de résistance à la rouille.....	297

Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification	326
Annexe B (normative) Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite	333
Annexe C (normative) Disposition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit	340
Annexe D (normative) Essais individuels	343
Annexe E (normative) Exigences particulières pour les circuits auxiliaires pour très basse tension de sécurité	344
Annexe F (normative) Coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit.....	345
Annexe G (normative) Exigences supplémentaires et essais pour les disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur et d'un déclencheur différentiel adaptable destinés à être assemblés sur site	346
Annexe H (informative) Vide	350
Annexe IA (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	351
Annexe IB (informative) Glossaire des symboles	353
Annexe IC (informative) Exemples de bornes	354
Annexe ID (informative) Correspondance entre les conducteurs ISO et AWG	357
Annexe IE (informative) Programme d'essais de suivi pour les DD	358
Annexe J (normative) Prescriptions particulières pour les DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre	362
Annexe K (normative) Prescriptions particulières pour les DD avec bornes plates à connexion rapide	371
Annexe L (normative) Prescriptions particulières pour DD avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium.....	378
Bibliographie	388
 Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.6.10).....	298
Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.6.11).....	298
Figure 3 – Doigt d'épreuve articulé (9.6).....	299
Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification	
– des caractéristiques de fonctionnement (9.9.1)	
– du mécanisme à déclenchement libre (9.11)	
– du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (9.17.3 et 9.17.4) pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation	300
Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du DD dans le cas de courant résiduel continu pulsé.....	301
Figure 6 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent de 0,006 A.....	302
Figure 7 – Circuit d'essai pour la vérification de l'aptitude du DD à l'utilisation en systèmes IT (9.12.11.2.2)	304
Figure 7 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui du 9.12.11.2.2	305
Figure 8 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD unipolaire à deux voies de courant (9.12)	306
Figure 8 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2	307

~~Figure 9 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD bipolaire, dans le cas d'un circuit monophasé (9.12)~~	~~308~~
Figure 9 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2	308
~~Figure 10 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tripolaire à trois voies, dans le cas d'un circuit triphasé (9.12) Vide~~	~~309~~
~~Figure 11 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tripolaire à quatre voies de courant, dans le cas d'un circuit triphasé avec neutre (9.12) Vide~~	~~310~~
~~Figure 12 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tétrapolaire, dans le cas d'un circuit triphasé avec neutre (9.12) Vide~~	~~311~~
Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit	312
Figure 14 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.13.1)	313
Figure 15 – Appareil pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	314
Figure 16 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.13.2.1)	315
Figure 17 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	316
Figure 18 – Exemple de fixation d'un DD ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	317
Figure 19 – Exemple de fixation du DD pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	318
Figure 20 – Application de la force pour l'essai de choc mécanique du DD pour montage sur rail (9.13.2.2)	319
Figure 21 – Appareil pour l'essai à la bille (9.14.2)	319
~~Figure 22 – Circuit d'essai pour la vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tripolaire ou tétrapolaire (9.18) Vide~~	~~320~~
Figure 23 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.22.1.3)	321
Figure 24 – Cycle d'essai de fiabilité (9.22.1.3)	322
Figure 25 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.23)	323
Figure 26 – Onde de courant oscillatoire amortie, 0,5 μ s/100 kHz	323
Figure 27 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie	324
Figure 28 – Onde de courant 8/20 μ s	324
Figure 29 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde de courant	325
~~Figures B.1 à B.10 – Illustrations de l'application des lignes de fuite~~	~~334~~
~~Figure B.1 – Exemples de méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement~~	~~339~~
Figure C.1 – Dispositif d'essai	341
Figure C.2 – Grille	342
Figure C.3 – Circuit de grille	342
Figure IC.1 – Exemples de bornes à trou	354
Figure IC.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté	355
Figure IC.3 – Exemples de bornes à plaquettes	356
Figure IC.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes	356
Figure J.1 – Echantillons à raccorder	368
Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis	369
Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement	374

Figure K.2 – Dimensions des languettes.....	375
Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	376
Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	376
Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage	376
Figure K.6 – Dimensions des clips.....	377
Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai.....	386
Figure L.2.....	386
Figure L.3.....	387
Figure L.4.....	387
Figure L.5.....	387
Figure L.6.....	387
Tableau 1 – Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné	228
Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non- réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) pour DD de type AC et A	229
Tableau 3 – Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) pour DD de type A	230
Tableau 4 – Domaines des surintensités de déclenchement instantané	230
Tableau 5 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.....	231
Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service.....	233
Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales.....	238
Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis	241
Tableau 9 – Valeurs des échauffements	245
Tableau 10 – Caractéristiques opératoires temps-courant.....	246
Tableau 11 – Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation	248
Tableau 12 – Liste des essais de type.....	250
Tableau 13 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés	251
Tableau 14 – Diamètres des filetages et couples à appliquer	252
Tableau 15 – Forces de traction	253
~~Tableau 16 – Dimensions du conducteur~~	~~252~~
Tableau 17 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires	258
~~Tableau 18 – Tension d'essai à travers les contacts ouverts en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement.....~~	~~260~~
Tableau 19 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc ~~pour les parties non essayées en 9.7.7.1.....~~	262
Tableau 20 – Liste des essais de court-circuit	273
Tableau 21 – Domaines des facteurs de puissance pour le circuit d'essai	275
Tableau 22 – Rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{cn}) – (facteur k).....	280
Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD unipolaires et bipolaires	280
Tableau 24 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD tripolaires et tétrapolaires.....	281

Tableau 25 – Procédure d'essai pour I_{cn}	281
~~Tableau 26 – Valeur du courant de déclenchement pour les DD du type A~~	~~293~~
Tableau 27 – Essais ~~à appliquer pour vérifier la CEM~~ couverts par la présente norme	297
Tableau 28 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement	263
Tableau 29 – Essais à effectuer conformément à la CEI 61453	297
Tableau A.1 – Séquences d'essais	326
Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essais totale	329
Tableau A.3 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essais simplifiée	331
Tableau A.4 – Séquences d'essais pour les DD ayant des courants de déclenchement instantanés différents	332
Tableau A.5 – Séquences d'essais pour les DD de classifications différentes selon 4.6	332
Tableau IE.1 – Séquences d'essais pendant les examens de suivi	358
Tableau IE.2 – Nombre d'échantillons à essayer	361
Tableau J.1 – Conducteurs raccordables	365
Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis	365
Tableau J.3 – Forces de traction	367
Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur	372
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge	373
Tableau K.3 – Dimensions des languettes	374
Tableau K.4 – Dimensions des clips	377
Tableau L.1 – Marquage des bornes	379
Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium pouvant être connectés aux bornes à vis	380
Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes	381
Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal	381
Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés	382
Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai	383
Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion	383
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné	385
Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D	385

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES À COURANT
DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL AVEC DISPOSITIF DE PROTECTION
CONTRE LES SURINTENSITÉS INCORPORÉ POUR USAGES
DOMESTIQUES ET ANALOGUES (DD) –****Partie 1: Règles générales****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 61009-1 porte le numéro d'édition 3.2. Elle comprend la troisième édition (2010) [documents 23E/682/FDIS et 23E/686/RVD], son amendement 1 (2012) [documents 23E/741/FDIS et 23E/745/RVD] et son amendement 2 (2013) [documents 23E/796/FDIS et 23E/820/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 61009-1 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de la CEI: Petit appareillage.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- révision complète des séquences CEM, incluant le nouvel essai T.2.6, déjà approuvé dans la CEI 61543;
- clarification des caractéristiques courant/temps des DDR incluses dans les Tableaux 2 et 3;
- révision de la procédure d'essai pour $I_{\Delta n}$ entre 5 A et 200 A;
- essais pour l'emploi des DD dans les systèmes IT;
- procédure d'essai concernant le courant continu 6 mA superposé au courant de défaut;
- des améliorations mettant en relief les DDR avec sensibilité multiple;
- des alignements avec la CEI 60898-1.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61009, présentées sous le titre général *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour installations domestiques et analogues (DD)*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Cette partie comprend les définitions, règles et essais couvrant tous les types de DD. Pour l'applicabilité à un type particulier, cette partie s'applique avec la partie correspondante comme suit:

Partie 2-1: Applicabilité des règles générales aux DD fonctionnellement indépendants de la tension d'alimentation.

Partie 2-2: Applicabilité des règles générales aux DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation.

INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES À COURANT DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL AVEC DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS INCORPORÉ POUR USAGES DOMESTIQUES ET ANALOGUES (DD) –

Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

Cette Norme internationale s'applique aux interrupteurs automatiques avec protection contre les surintensités incorporé, à courant différentiel résiduel, fonctionnellement indépendants ou fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, pour installations domestiques et analogues (en abrégé «DD» dans la suite du texte), ayant une tension assignée ne dépassant pas 440 V alternatifs, avec des fréquences assignées de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz et un courant assigné ne dépassant pas 125 A et un pouvoir de coupure ne dépassant pas 25 000 A pour fonctionnement à 50 Hz ou 60 Hz.

Ces appareils sont destinés à la protection des personnes contre les contacts indirects, les parties métalliques accessibles de l'installation étant reliées à une prise de terre de valeur appropriée et à la protection des canalisations contre les surintensités dans les bâtiments et réalisations similaires. Ils peuvent être utilisés pour assurer la protection contre les dangers d'incendie résultant d'un courant de défaut persistant à la terre sans que le dispositif de protection contre les surcharges du circuit n'intervienne.

Les DD de courant différentiel assigné inférieur ou égal à 30 mA sont aussi utilisés comme moyen de protection complémentaire en cas de défaillance des autres moyens de protection contre les chocs électriques.

La présente norme s'applique aux appareils remplissant à la fois les fonctions de détection du courant résiduel, de comparaison de la valeur de ce courant à une valeur de fonctionnement différentiel et d'ouverture du circuit protégé quand le courant différentiel résiduel dépasse cette valeur et réalisant également les fonctions d'établissement, de maintien et de coupure de surintensités dans des conditions spécifiées.

NOTE 1 Le contenu de cette norme en relation avec le fonctionnement dans des conditions de courant différentiel résiduel est basé sur la CEI 61008-1. Le contenu de cette norme en relation avec la protection contre les surintensités est basé sur la CEI 60898-1.

NOTE 2 Les DD sont essentiellement destinés à être mis en œuvre par des personnes non averties et conçus pour ne pas être entretenus. Ils peuvent faire l'objet de certification.

NOTE 3 Les règles d'installations et d'utilisation des DD sont indiquées dans la série de la CEI 60364.

Ils sont destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2.

NOTE 4 Pour des conditions de surtension plus sévères, il convient d'utiliser des disjoncteurs conformes à d'autres normes (par exemple CEI 60947-2).

NOTE 5 Pour des environnements ayant un degré de pollution plus élevé, il convient d'utiliser des enveloppes procurant le degré de protection approprié.

Les DD du type général sont résistants aux déclenchements indésirables y compris les cas où des ondes de surtension (résultant de transitoires de manœuvre ou induites par des coups de foudre) produisent des courants de charge dans l'installation sans qu'il se produise d'amorçage.

Les DD du type S sont considérés comme suffisamment résistants aux déclenchements indésirables même si l'onde de surtension provoque un amorçage et qu'un courant de suite se produit.

NOTE 6 Les parafoudres installés en aval d'un DD de type général et connectés en mode commun peuvent provoquer des déclenchements indésirables.

Les DD sont appropriés pour la fonction de sectionnement.

Les DD conformes à la présente norme, sauf ceux munis d'un neutre non coupé, sont appropriés pour une utilisation en systèmes IT.

Des précautions spéciales (par exemple parasurtenseurs) peuvent être nécessaires lorsque des surtensions excessives sont susceptibles de se produire en amont (par exemple dans le cas d'une alimentation par lignes aériennes) (voir CEI 60364-4-44).

NOTE 7 Une construction spéciale peut être nécessaire pour les DD d'un indice de protection supérieur à IP20.

Cette norme s'applique également aux DD obtenus par l'assemblage d'un dispositif différentiel adaptable et d'un disjoncteur. L'assemblage mécanique doit être effectué en usine par le constructeur ou sur place, les exigences de l'Annexe G devant s'appliquer dans ce dernier cas. Elle s'applique également aux DD ayant plus d'un courant assigné à condition que l'organe de réglage pour le passage d'une valeur discrète à une autre ne soit pas accessible en service normal et que le réglage ne puisse être modifié sans l'aide d'un outil.

Des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires pour les DD de type enfichable.

Des exigences particulières sont nécessaires pour les DD incorporés dans ou destinés seulement à l'association avec des fiches et socles de prises de courant ou des connecteurs à usages domestiques et analogues et s'ils sont destinés à être utilisés à des fréquences supérieures à 50 Hz ou 60 Hz.

~~NOTE 8 Pour le moment, pour les DD incorporés dans, ou destinés seulement aux fiches ou socles de prises de courant, les exigences de cette norme en conjonction avec celles de la CEI 60884-1 peuvent être utilisées pour autant qu'elles sont applicables.~~

Pour les DD incorporés dans, ou destinés seulement aux liaisons avec les socles de prises de courant, les exigences de cette norme peuvent être utilisées, pour autant qu'elles sont applicables, en conjonction avec les exigences de la CEI 60884-1 ou de l'exigence nationale du pays où le produit est mis sur le marché.

NOTE 8 Les DD incorporés dans, ou destinés seulement aux liaisons avec les socles de prises de courant, peuvent répondre soit à la CEI 62640 soit à la présente norme.

NOTE 9 Au Danemark, les fiches et socles de prises de courant doivent être conformes aux exigences du règlement section 107 pour les courants forts.

NOTE 10 Au Royaume Uni, la partie de la fiche associée avec un DD doit être conforme avec la norme BS1363-1 et la (les) prise(s) associée(s) avec un DD doit(doivent) être conformes avec la BS2363-2. Au Royaume Uni, la partie de la fiche et la (les) prise(s) associée(s) avec un DD ne nécessite(nt) pas de conformité avec les exigences de la CEI 60884-1.

La présente norme ne s'applique pas:

- aux DD destinés à la protection des moteurs;
- aux DD dont le réglage du courant peut être obtenu par des organes accessibles à l'utilisateur en service normal.

Les exigences de la présente norme s'appliquent pour des conditions normales d'environnement (voir 7.1). Des exigences complémentaires peuvent être nécessaires pour des DD utilisés dans des locaux présentant de sévères conditions d'environnement.

Les DD comportant des batteries ne sont pas couverts par cette norme.

Un guide pour la coordination des DD avec des coupe-circuits à fusibles est donné dans l'Annexe F.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

~~CEI 60051 (toutes les parties), Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires~~

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60060-2:1994, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db:Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-3-4:2001, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide - Essais de chaleur humide*

CEI 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

~~CEI 60228:2004, Âmes des câbles isolés~~

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

~~CEI 60364-4-44:2007, Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques~~

CEI 60364-5-52:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations²*

CEI 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

~~CEI 60664-3, Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emportage ou de moulage pour la protection contre la pollution~~

~~CEI 60695-2-10, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai~~

² Une troisième édition est actuellement en préparation.

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

CEI 61543:1995, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestique et analogues – Compatibilité électromagnétique*

Amendement 1:2004

Amendement 2:2005

CISPR 14-1:2009, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes and définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Quand les termes «tension» ou «courant» sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces, à moins qu'il n'en soit précisé autrement.

NOTE 1 La référence aux définitions du VEI est également faite lorsque les termes «dispositif» ou «appareil mécanique de connexion» sont remplacés par le terme «DD».

NOTE 2 Un glossaire des symboles figure en Annexe IB.

3.1 Définitions relatives aux courants circulant des parties actives à la terre

3.1.1

courant de défaut à la terre

courant qui s'écoule à la terre lors d'un défaut d'isolement

3.1.2

courant de fuite

courant qui s'écoule des parties actives de l'installation à la terre, en l'absence de tout défaut d'isolement

3.1.3

courant continu pulsé

courant en forme d'onde pulsatoire qui prend, à chaque période de la fréquence assignée, la valeur 0 ou une valeur ne dépassant pas 0,006 A en courant continu pendant un intervalle de temps unique d'au moins 150° exprimé en mesure angulaire électrique

3.1.4

angle α de retard de conduction

intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, pendant lequel le point de départ de la conduction est retardé par commande de phase

3.2 Définitions relatives à l'alimentation d'un DD

3.2.1

grandeur d'alimentation

grandeur électrique d'excitation qui, seule ou en combinaison avec d'autres grandeurs électriques, doit être appliquée à un DD pour qu'il puisse fonctionner dans des conditions spécifiées

3.2.2

grandeur d'alimentation d'entrée

grandeur d'alimentation par laquelle le DD est mis en action, lorsqu'elle est appliquée dans des conditions spécifiées

NOTE Ces conditions peuvent impliquer, par exemple, l'alimentation de certains organes auxiliaires.

3.2.3

courant différentiel résiduel

I_{Δ}

somme vectorielle des valeurs instantanées des courants circulant dans le circuit principal du DD (exprimée en valeurs efficaces)

3.2.4

courant différentiel de fonctionnement

valeur du courant différentiel qui fait fonctionner le DD dans des conditions spécifiées

3.2.5

courant différentiel de non-fonctionnement

valeur du courant différentiel pour laquelle et au-dessous de laquelle le DD ne fonctionne pas dans des conditions spécifiées

3.2.6

courant différentiel résiduel ($I_{\Delta t}$) d'un DD

valeur du courant différentiel résiduel qui est la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D (voir note c de bas de Tableau 2)

3.3 Définitions relatives à la commande et aux fonctions des DD

3.3.1

appareils de connexion

appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

[VEI 441-14-01:1984]

3.3.2

appareil mécanique de connexion

appareil de connexion destiné à fermer et ouvrir un ou plusieurs circuits électriques au moyen de contacts séparables

[VEI 441-14-02:1984, modifiée]

3.3.3

coupe-circuit à fusibles

appareil dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou plusieurs de ses éléments spécialement conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

[VEI 441-18-01:1984, modifiée]

3.3.4

disjoncteur (mécanique)

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de transporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de transporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre automatiquement des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles de court-circuit

[VEI 441-14-20:1984, modifiée]

3.3.5

interrupteur à courant différentiel résiduel

appareil mécanique de coupure conçu pour établir, supporter et couper des courants dans les conditions de service normales et provoquer l'ouverture des contacts quand le courant différentiel atteint, dans des conditions spécifiées, une valeur donnée

3.3.6

interrupteur différentiel sans protection contre les surintensités incorporée

ID

dispositif de coupure différentiel non conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

3.3.7

interrupteur différentiel avec protection contre les surintensités incorporée

DD

dispositif de coupure différentiel conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

3.3.8

DD fonctionnellement indépendants de la tension d'alimentation

DD pour lesquels les fonctions de détection, évaluation et interruption ne dépendent pas de la tension d'alimentation

NOTE Ces dispositifs sont définis en 2.3.2 de la CEI 60755:1983 comme dispositifs à courant différentiel résiduel sans source auxiliaire.

3.3.9

DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation

DD pour lesquels les fonctions de détection, évaluation ou interruption dépendent de la tension d'alimentation

NOTE 1 Cette définition couvre partiellement la définition des dispositifs à courant différentiel résiduel avec source auxiliaire du 2.3.3 de la CEI 60755:1983.

NOTE 2 Il est entendu que, pour la détection, l'évaluation ou l'interruption, la ligne d'alimentation est celle traversant le DD.

3.3.10

temps de fonctionnement d'un DD

temps qui s'écoule entre l'instant où le courant différentiel de fonctionnement est appliqué soudainement et l'instant de l'extinction de l'arc dans tous les pôles

3.3.11

temps limite de non-réponse

temps maximal pendant lequel on peut appliquer au DD une valeur du courant différentiel supérieure à la valeur du courant différentiel de non-fonctionnement, sans provoquer son fonctionnement

3.3.12

DD temporisé

DD spécialement conçu pour atteindre une valeur prédéterminée du temps limite de non-réponse correspondant à une valeur donnée du courant différentiel

3.3.13

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du DD est assurée

[VEI 441-16-22]

3.3.14

position d'ouverture

position dans laquelle la distance prédéterminée d'isolation entre contacts ouverts dans le circuit principal du DD est assurée

[VEI 441-16-23]

3.3.15

pôle

partie d'un DD exclusivement associée à une voie de courant de son circuit principal, électriquement séparée, équipée de contacts destinés à connecter et déconnecter le circuit principal lui-même et excluant les parties par le moyen desquelles le montage et le fonctionnement simultané des pôles est assuré

3.3.15.1

pôle protégé contre les surintensités

pôle muni d'un déclencheur à maximum de courant, appelé pôle protégé dans la suite du texte

3.3.15.2

pôle non protégé contre les surintensités

pôle sans déclencheur à maximum de courant, mais hormis cela généralement capable des mêmes performances qu'un pôle protégé contre les surintensités du même DD, appelé pôle non protégé dans la suite du texte

NOTE 1 Pour assurer cette exigence, le pôle non protégé peut être de la même construction que le(s) pôle(s) protégé(s) ou d'une construction particulière.

NOTE 2 Si le pouvoir de coupure du pôle non protégé est différent de celui du ou des pôle(s) protégé(s), il convient que ceci soit indiqué par le constructeur.

3.3.15.3

pôle neutre de sectionnement

pôle seulement destiné à couper le neutre et non prévu pour présenter un pouvoir de coupure

3.3.16

neutre non coupé

voie de courant, non coupée et non protégée contre les surintensités, destinée à être raccordée au conducteur neutre de l'installation

3.3.17

circuit principal (d'un DD)

ensemble des parties conductrices d'un DD insérées dans les voies de courant (voir 4.3)

3.3.18

circuit de commande (d'un DD)

circuit (autre qu'une voie du circuit principal) destiné à provoquer la manœuvre de fermeture ou la manœuvre d'ouverture du DD, ou les deux à la fois

NOTE Les circuits destinés au dispositif de contrôle sont inclus dans cette définition.

3.3.19

circuit auxiliaire (d'un DD)

ensemble des parties conductrices d'un DD destinées à être insérées dans un circuit autre que le circuit principal et le circuit de commande du DD

[VEI 441-15-04]

3.3.20**DD type AC**

DD pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils croissent lentement

3.3.21**DD type A**

DD pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et aussi pour des courants différentiels continus pulsés, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement

3.3.22**dispositif de contrôle**

dispositif incorporé dans un DD simulant les conditions d'un courant différentiel résiduel pour le fonctionnement du DD dans des conditions spécifiées

3.4 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'alimentation**3.4.1****valeur assignée**

valeur d'une grandeur fixée par le constructeur pour un fonctionnement spécifié d'un DD

3.4.2**surintensité**

tout courant supérieur au courant assigné

3.4.2.1**surcharge**

surintensité apparaissant dans un circuit électriquement sain

NOTE Une surcharge peut provoquer des dommages si elle est maintenue pendant un temps suffisant.

3.4.2.2**courant de court-circuit**

surintensité résultant d'un défaut d'impédance négligeable entre des points prévus pour être à des potentiels différents en service normal

NOTE Un courant de court-circuit peut résulter d'un défaut ou d'une connexion incorrecte.

3.4.3**courant présumé**

courant qui circulerait dans le circuit si chaque voie de courant principale du DD et du dispositif de protection contre les courts-circuits (s'il y a lieu) était remplacée par un conducteur d'impédance négligeable

NOTE Le courant présumé peut être qualifié de la même façon qu'un courant réel, par exemple: courant présumé coupé, courant de crête présumé, courant présumé résiduel.

3.4.4**courant de crête présumé**

valeur de crête du courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

NOTE La définition implique que le courant est établi par un DD idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément d'une valeur infinie à une valeur nulle. Pour les circuits où le courant peut suivre plusieurs chemins différents, par exemple dans les circuits polyphasés, elle implique de plus que le courant soit établi simultanément dans tous les pôles, même si on ne considère que le courant dans un seul pôle.

3.4.5**courant de crête présumé maximal (d'un circuit en courant alternatif)**

courant de crête présumé quand l'établissement du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus haute valeur possible

NOTE Pour un DD multipolaire inséré dans un circuit polyphasé, la valeur maximale de crête présumée s'applique uniquement à un unipolaire.

3.4.6

pouvoir de coupure (et de fermeture) en court-circuit

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le DD, par conception peut établir, transporter pendant le temps d'ouverture et interrompre dans des conditions spécifiées

3.4.6.1

pouvoir de coupure limite en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions de fonctionnement prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée ne comprennent pas l'aptitude du DD à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.4.6.2

pouvoir de coupure de service en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée comprennent l'aptitude du DD à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.4.7

courant coupé

courant dans un pôle d'un DD au moment de l'amorçage de l'arc, au cours d'une manœuvre de coupure

[VEI 441-17-07:1984, modifiée]

NOTE Pour le courant alternatif, on se réfère à la valeur efficace.

3.4.8

tension appliquée

tension qui existe entre les bornes d'un pôle d'un DD immédiatement avant l'établissement du courant

[VEI 441-17-24:1984]

NOTE Cette définition s'applique à un DD unipolaire. Pour un DD multipolaire, la tension appliquée est la tension aux bornes d'alimentation du DD.

3.4.9

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes d'un pôle d'un DD après l'interruption du courant

[VEI 441-17-25:1984]

NOTE 1 Cette tension peut être considérée comme comprenant deux intervalles de temps successifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi d'un second intervalle durant lequel la tension à fréquence industrielle existe seule.

NOTE 2 Cette définition s'applique à un DD unipolaire. Pour un DD multipolaire, la tension de rétablissement est la tension aux bornes d'alimentation de l'appareil.

3.4.9.1

tension transitoire de rétablissement

tension de rétablissement tant qu'elle comporte un caractère transitoire appréciable

NOTE La tension transitoire peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et du DD. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre du circuit polyphasé.

[VEI 441-17-26:1985, modifiée]

3.4.9.2**tension de rétablissement à fréquence industrielle**

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes de tension transitoire

[VEI 441-17-27:1984]

3.4.10**durée d'ouverture**

durée mesurée à partir de l'instant où, le DD étant en position de fermeture, le courant atteint, dans le circuit principal, la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc dans tous les pôles

NOTE Le temps d'ouverture est communément assimilé au temps de déclenchement, quoique, au sens strict, le temps de déclenchement soit le temps qui s'écoule entre l'instant du commencement du temps d'ouverture et l'instant auquel la commande d'ouverture devient irréversible.

3.4.11**Définitions relatives à la durée d'arc****3.4.11.1****durée d'arc d'un pôle**

intervalle de temps entre l'instant d'allumage de l'arc et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle

[VEI 441-17-37, modifiée]

3.4.11.2**durée d'arc d'un DD multipolaire**

intervalle de temps entre l'instant de l'allumage du premier arc et l'instant de l'extinction finale des arcs dans tous les pôles

[VEI 441-17-38]

3.4.12**temps de coupure (cas de surintensité)**

intervalle de temps entre le début du temps d'ouverture d'un DD et la durée d'arc, en cas de surintensité

[VEI 441-17-39:1984, modifiée]

3.4.13 **I^2t (intégrale de Joule)**

intégrale du carré du courant pendant un intervalle de temps spécifié: (t_0, t_1) :

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

[VEI 441-18-23:1984]

3.4.14**caractéristique I^2t d'un DD**

courbe donnant les valeurs maximales de I^2t en fonction du courant présumé coupé dans des conditions spécifiées de fonctionnement

3.4.15**Coordination entre dispositifs de protection à maximum de courant placés en série****3.4.15.1****courant limite de sélectivité**

I_s

coordonnée du courant de l'intersection entre la caractéristique durée maximale de coupure temps-courant du dispositif de protection côté aval et la caractéristique temps-courant du pré-arc (pour les fusibles) ou du déclenchement (pour les disjoncteurs) de l'autre dispositif de protection

NOTE 1 Le courant limite de sélectivité est une valeur limite du courant:

- en dessous de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif placé côté aval assure son opération de coupure avant que l'autre dispositif ne commence la sienne (c'est-à-dire que la sélectivité est assurée);
- au-dessus de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif placé côté aval ne peut pas assurer son opération de coupure complètement avant que l'autre dispositif ne commence la sienne (c'est-à-dire que la sélectivité n'est pas assurée).

NOTE 2 Les caractéristiques I^2t peuvent être utilisées à la place des caractéristiques temps-courant.

3.4.15.2 **courant d'intersection**

I_B

coordonnées du courant de l'intersection entre les caractéristiques de durée maximale de coupure temps-courant de deux dispositifs de protection à maximum de courant

NOTE 1 Le courant d'intersection est la valeur limite au-dessus de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection amont assure généralement, mais pas nécessairement, une protection de secours pour l'autre dispositif de protection.

NOTE 2 Les caractéristiques I^2t peuvent être utilisées à la place des caractéristiques temps-courant.

3.4.16 **courant conventionnel de non-déclenchement**

I_{nt}

valeur spécifiée du courant que le DD peut transporter pendant un temps spécifié (temps conventionnel) sans déclencher

[VEI 441-17-22:1984]

3.4.17 **courant conventionnel de déclenchement**

I_t

valeur spécifiée du courant qui provoque le déclenchement du DD avant l'expiration d'un temps spécifié (temps conventionnel)

3.4.18 **courant de déclenchement instantané**

valeur minimale de la surintensité provoquant le fonctionnement automatique du DD sans retard intentionnel

3.4.19 **surintensités de non-fonctionnement dans le circuit principal**

NOTE En cas de surintensités dans le circuit principal, en l'absence de courant différentiel résiduel, le dispositif de détection peut fonctionner en raison de la dissymétrie existante dans le dispositif de détection lui-même.

3.4.19.1 **valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge à travers un DD à deux voies de courant**

valeur maximale de la surintensité d'une charge qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et d'une fuite de courant à la terre, peut circuler dans le DD à deux voies de courant sans provoquer son fonctionnement

3.4.19.2 **valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tripolaire ou tétrapolaire**

valeur maximale d'une surintensité monophasée qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et d'une fuite de courant à la terre, peut circuler dans le DD tripolaire ou tétrapolaire sans provoquer son fonctionnement

3.4.20**pouvoir de fermeture et de coupure différentiel**

valeur de la composante alternative du courant différentiel présumé qu'un DD est capable d'établir, de transporter pendant son temps d'ouverture et d'interrompre dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.4.21**valeurs limites (U_x et U_y) de la tension d'alimentation pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation****3.4.21.1** **U_x**

valeur minimale de la tension d'alimentation à laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation fonctionne encore dans des conditions spécifiées en cas de diminution de la tension d'alimentation (voir 9.17.1)

3.4.21.2 **U_y**

valeur minimale de la tension d'alimentation en dessous de laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation s'ouvre automatiquement en l'absence de tout courant différentiel résiduel (voir 9.17.2)

3.5 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'influence**3.5.1****grandeur d'influence**

toute grandeur susceptible de modifier le fonctionnement spécifié d'un DD

3.5.2**valeur de référence d'une grandeur d'influence**

valeur d'une grandeur d'influence à laquelle sont rapportées les caractéristiques indiquées par le constructeur

3.5.3**conditions de référence des grandeurs d'influence**

ensemble des valeurs de référence de toutes les grandeurs d'influence

3.5.4**domaine d'une grandeur d'influence**

domaine des valeurs d'une grandeur d'influence pour lequel, dans des conditions spécifiées, le DD fonctionne, les autres grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence

3.5.5**domaine extrême d'une grandeur d'influence**

domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence à l'intérieur duquel le DD ne subit que des altérations spontanément réversibles, sans être tenu nécessairement de satisfaire à aucune exigence

3.5.6**température de l'air ambiant**

température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure le DD

NOTE Pour des DD sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe.

[VEI 441-11-13]

3.5.7**température de référence de l'air ambiant**

température de l'air ambiant sur laquelle sont basées les caractéristiques temps-courant

3.6 Définitions relatives aux bornes

3.6.1

borne

partie conductrice d'un appareil prévue pour les connexions et déconnexions électriques successives aux circuits extérieurs

3.6.2

borne à vis

borne permettant la connexion et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé, directement ou indirectement, au moyen de vis ou d'écrous de tout type

3.6.3

borne à trou

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est introduite dans un trou ou dans un logement, où elle est serrée sous le corps de la vis (ou des vis)

NOTE 1 La pression de serrage peut être appliquée directement par le corps de la vis ou au moyen d'un organe de serrage intermédiaire auquel la pression est appliquée par le corps de la vis.

NOTE 2 Des exemples de bornes à trou sont donnés dans l'Annexe IC, Figure IC.1.

3.6.4

borne à serrage sous tête de vis

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous la tête de vis. La pression de serrage peut être appliquée directement par la tête de la vis ou au moyen d'un organe intermédiaire, tel qu'une rondelle, une plaquette de serrage ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper

NOTE Des exemples de bornes à serrage sous tête de vis sont donnés dans l'Annexe IC, Figure IC.2a.

3.6.5

borne à goujon fileté

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous un écrou

NOTE 1 La pression de serrage peut être appliquée directement par un écrou de forme appropriée ou au moyen d'un organe intermédiaire, tel qu'une rondelle, une plaquette de serrage ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper.

NOTE 2 Des exemples de bornes à goujon fileté sont donnés à la Figure IC.2b.

3.6.6

bornes à plaquette

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous une plaquette au moyen de deux vis ou écrous ou plus

NOTE Des exemples de bornes à plaquettes sont donnés à la Figure IC.3.

3.6.7

borne pour cosses et barrettes

borne à serrage sous tête de vis ou borne à goujon fileté, prévue pour le serrage d'une cosse ou d'une barrette au moyen d'une vis ou d'un écrou

NOTE Des exemples de bornes pour cosses et barrettes sont donnés à la Figure IC.4.

3.6.8

borne sans vis

borne de connexion permettant la connexion et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé directement ou indirectement au moyen de ressorts, pièces formant coin, excentriques, cônes, etc., sans préparation spéciale du conducteur autre que l'enlèvement de l'isolant

3.6.9

vis autotaraudeuse

vis réalisée en une matière présentant une grande résistance à la déformation quand elle est insérée, par rotation, dans une cavité, située dans un matériau présentant une moins grande résistance à la déformation que celle de la vis

NOTE La vis est réalisée avec un filetage conique, la conicité étant appliquée au diamètre du noyau du filetage à l'extrémité de la vis. Le filetage résultant de la mise en place de la vis n'est formé de façon sûre qu'après que l'on a effectué un nombre suffisant de révolutions dépassant le nombre de filets de la partie conique.

3.6.10

vis autotaraudeuse par déformation

vis autotaraudeuse ayant un filet ininterrompu

NOTE 1 La fonction de ce filetage n'est pas d'enlever du matériau de la cavité.

NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par déformation de matière est donné à la Figure 1.

3.6.11

vis autotaraudeuse à découpe

vis autotaraudeuse ayant un filet non continu

NOTE 1 Ce filetage est destiné à enlever du matériau de la cavité .

NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par enlèvement de matière est donné à la Figure 2.

3.7 Définitions relatives aux conditions de fonctionnement

3.7.1

manœuvre

passage d'un (des) contact(s) mobile(s) de la position d'ouverture à la position de fermeture et vice versa

NOTE Si une distinction est nécessaire, on emploiera les termes manœuvre électrique, s'il s'agit d'une opération au sens électrique (par exemple: établissement ou coupure) et manœuvre mécanique, s'il s'agit d'une opération au sens mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

3.7.2

manœuvre de fermeture

manœuvre par laquelle on fait passer le DD de la position d'ouverture à la position de fermeture

[VEI 441-16-08:1984]

3.7.3

manœuvre d'ouverture

manœuvre par laquelle on fait passer le DD de la position de fermeture à la position d'ouverture

[VEI 441-16-09:1984]

3.7.4

manœuvre manuelle dépendante

manœuvre effectuée uniquement par énergie manuelle directement appliquée, de telle sorte que la rapidité et la force de la manœuvre dépendent de l'action de l'opérateur

[VEI 441-16-13]

3.7.5

manœuvre manuelle indépendante

manœuvre avec accumulation d'énergie provenant d'une puissance manuelle accumulée et libérée en une opération continue de telle sorte que la rapidité et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[VEI 441-16-16]

3.7.6

DD à déclenchement libre

DD dont les contacts mobiles reviennent en position d'ouverture et y demeurent, quand la manœuvre d'ouverture automatique est commandée après le début de la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu

[VEI 441-16-31]

NOTE Afin d'assurer une interruption correcte du courant qui peut avoir été établi, il peut être nécessaire que les contacts atteignent momentanément la position de fermeture.

3.7.7

cycle de manœuvres

suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position en passant par toutes les autres positions, s'il en existe

[VEI 441-16-02]

3.7.8

séquence de manœuvres

suite de manœuvres spécifiées effectuées avec des intervalles de temps spécifiés

3.7.9

service ininterrompu

service dans lequel les contacts principaux d'un DD restent fermés tout en transportant un courant régulier sans interruption pendant de longues périodes (qui peuvent être des semaines, des mois et même des années)

3.8 Définitions relatives aux éléments constitutifs

3.8.1

contact principal

contact inséré dans le circuit principal d'un DD prévu pour supporter, dans la position de fermeture, le courant du circuit principal

[VEI 441-15-07:1984]

3.8.2

contact d'arc

contact prévu pour que l'arc y soit initié

NOTE Un contact d'arc peut jouer le rôle de contact principal. Il peut être aussi un contact distinct conçu de façon à s'ouvrir après et à se fermer avant un autre contact qu'il a pour but de protéger contre des détériorations.

3.8.3

contact de commande

contact inséré dans un circuit de commande d'un DD et manœuvré mécaniquement par ce DD

[VEI 441-15-09]

3.8.4

contact auxiliaire

contact inséré dans un circuit auxiliaire et manœuvré mécaniquement par le DD (par exemple, pour indiquer la position des contacts)

[VEI 441-15-10:1984, modifiée]

3.8.5

déclencheur

dispositif raccordé mécaniquement à (ou intégré dans) un DD dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture automatique du DD

[VEI 441-15-17, modifiée]

NOTE Dans la définition du VEI il est aussi fait référence à la fermeture.

3.8.6

déclencheur à maximum de courant

déclencheur qui actionne, avec ou sans retard, un DD lorsque le courant dans le déclencheur dépasse une valeur prédéterminée

NOTE Cette valeur peut, dans certains cas, dépendre de la vitesse d'accroissement du courant.

[VEI 441-16-33:1984]

3.8.7

déclencheur à maximum de courant à temps inverse

déclencheur à maximum de courant qui fonctionne après un intervalle de temps qui varie en raison inverse de la valeur de la surintensité

NOTE Un tel déclencheur peut être prévu pour que le retard atteigne une valeur minimale définie pour des valeurs élevées de la surintensité.

[VEI 441-16-35:1984]

3.8.8

déclencheur direct à maximum de courant

déclencheur à maximum de courant alimenté directement par le courant dans le circuit principal d'un DD

[VEI 441-16-36:1984]

3.8.9

déclencheur de surcharge

déclencheur à maximum de courant destiné à la protection contre les surcharges

[VEI 441-16-38:1984]

3.8.10

partie conductrice

partie capable de conduire du courant, bien qu'elle ne soit pas nécessairement utilisée pour conduire du courant en service normal

[VEI 441-11-09:1984]

3.8.11

partie conductrice accessible

partie conductrice, susceptible d'être touchée directement, qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut

[VEI 441-11-10:1984]

3.9 Définitions relatives aux essais

3.9.1

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

3.9.2

essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours et/ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

3.10 Définitions relatives à la coordination de l'isolement

3.10.1

coordination de l'isolement

correspondance mutuelle des caractéristiques d'isolement du matériel électrique en tenant compte du micro-environnement prévu et des autres contraintes exerçant une influence

[CEI 60664-1:2007, définition 3.1]

3.10.2

tension locale

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu qui peut apparaître à travers n'importe quelle isolation lorsqu'un matériel est alimenté sous la tension assignée

NOTE 1 Les surtensions transitoires sont négligées.

NOTE 2 Il est tenu compte à la fois des conditions à vide et des conditions normales de fonctionnement.

[CEI 60664-1:2007, définition 3.5]

3.10.3

surtension

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent dans les conditions normales de fonctionnement

[CEI 60664-1:2007, définition 3.7]

3.10.4

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

[CEI 60664-1:2007, définition 3.8.1]

3.10.5

catégorie de surtension

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[CEI 60664-1:2007, définition 3.10]

3.10.6

macro-environnement

environnement de la pièce ou de tout endroit où le matériel est installé ou utilisé

[CEI 60664-1:2007, définition 3.12.1]

3.10.7

micro-environnement

environnement immédiat de l'isolation qui influence en particulier le dimensionnement des lignes de fuite

[CEI 60664-1:2007, définition 3.12.2]

3.10.8

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[CEI 60664-1:2007, définition 3.11]

3.10.9

degré de pollution

nombre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[CEI 60664-1:2007, définition 3.13]

NOTE Le degré de pollution auquel l'équipement est exposé peut être différent de celui du macro-environnement dans lequel se trouve l'équipement du fait de la protection procurée par des moyens tels qu'enveloppe ou chauffelette interne empêchant l'absorption ou la condensation d'humidité.

3.10.10

sectionnement (fonction de)

fonction destinée à couper l'alimentation de toute l'installation ou d'une section discrète de celle-ci en la séparant de toute source d'énergie électrique pour des raisons de sécurité

[CEI 60947-1:2007, définition 2.1.19 modifiée]

3.10.11

distance de sectionnement

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux exigences de sécurité pour des besoins de sectionnement

[VEI 441-17-35:1984, modifiée]

3.10.12

distance d'isolement

la plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices le long d'un fil tiré sur le parcours le plus court entre ces parties conductrices

[VEI 441-17-31, modifiée]

NOTE 1 Pour la détermination d'une distance d'isolement pour des parties accessibles, il convient que la surface accessible d'une enveloppe isolante soit considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 3.

NOTE 2 Voir aussi l'Annexe B.

3.10.13

ligne de fuite

distance la plus courte le long de la surface d'une matière isolante entre deux parties conductrices

[VEI 604-03-61:1987, modifiée]

NOTE 1 Pour la détermination d'une ligne de fuite pour des parties accessibles, il convient que la surface accessible d'une enveloppe isolante soit considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 3.

NOTE 2 Voir aussi l'Annexe B.

4 Classification

Les DD sont classés selon 12 façons différentes:

4.1 Selon le mode de fonctionnement

NOTE La sélection des différents types est faite selon les règles de la CEI 60364-5-53.

4.1.1 DD fonctionnellement indépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.8)

4.1.2 DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.9)

4.1.2.1 S'ouvrant automatiquement en cas de défaut de la tension d'alimentation avec ou sans temporisation (voir 8.12):

- a) se refermant automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie;
- b) ne se refermant pas automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

4.1.2.2 Ne s'ouvrant pas automatiquement en cas de défaut de la tension d'alimentation:

- a) capable de déclencher en cas d'apparition d'une situation dangereuse (par exemple dû à un défaut à la terre) en cas de défaut de la tension d'alimentation (spécifications à l'étude);
- b) ne pouvant pas déclencher en cas d'apparition d'une situation dangereuse (par exemple dû à un défaut à la terre) en cas de défaut de la tension d'alimentation.

NOTE La sélection des DD du b) est soumise aux conditions du 532.2.2.2 de la CEI 60364-5-53:2001.

4.2 Selon le type d'installation

- DD pour installation fixe et raccordement par conducteurs fixes;
- DD pour installation mobile et raccordement par conducteurs souples (de l'appareil lui-même à l'alimentation).

4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant

- DD unipolaires avec un neutre non coupé (voir 3.3.16) et un pôle protégé contre les surintensités (deux voies de courant);
- DD bipolaires avec un pôle protégé contre les surintensités;
- DD bipolaires avec deux pôles protégés contre les surintensités;
- DD tripolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités;
- DD tripolaires avec un neutre non coupé et trois pôles protégés contre les surintensités (quatre voies de courant);
- DD tétrapolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités;
- DD tétrapolaires avec quatre pôles protégés contre les surintensités;

NOTE Le pôle qui n'est pas un pôle protégé contre les surintensités (voir 3.3.15.1) peut être:

- «non protégé» (voir 3.3.15.2), ou
- «pôle neutre de sectionnement» (voir 3.3.15.3).

4.4 Selon les possibilités de réglage des courants différentiels de fonctionnement

- DD pour un seul courant différentiel assigné;
- DD avec plusieurs réglages du courant différentiel assigné (voir 5.2.3).

4.5 Selon la résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de surtension

- DD ayant une résistance normale contre les déclenchements indésirables (du type général selon le Tableau 2 et le Tableau 3, si applicable);

- DD ayant une résistance élevée contre les déclenchements indésirables (du type S selon le Tableau 2 et le Tableau 3, si applicable).

4.6 Selon le comportement en présence de composantes continues

- DD type AC;
- DD type A.

4.7 Selon la temporisation (en présence d'un courant différentiel)

- DD non temporisés: type pour usage général;
- DD temporisés: type (S) sélectif.

4.8 Selon la protection contre les influences externes

- type fermé (ne nécessitant pas l'utilisation d'une enveloppe appropriée);
- type ouvert (pour utilisation avec une enveloppe appropriée).

4.9 Selon la méthode de montage

- type montage en saillie;
- type à encastrer;
- type pour montage en tableau aussi appelé type pour tableau de distribution.

NOTE Ces types peuvent être destinés à être montés sur rail.

4.10 Selon le mode de connexion

- ~~— DD dont les connexions ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;~~
- ~~— DD dont les connexions sont associées au dispositif de fixation mécanique, par exemple:~~
 - ~~♦ type enfichable;~~
 - ~~♦ type à fixation par boulons.~~

~~NOTE Certains DD peuvent être de type enfichable ou à fixation par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.~~

- DD dont les connexions électriques ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;
- DD dont les connexions électriques sont associées au dispositif de fixation mécanique.

NOTE Des exemples de ce type sont:

- type enfichable;
- type à fixation par boulons;
- type à vis.

Certains DD peuvent être de type enfichable ou à fixation par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.

4.11 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.4.18)

- DD type B;
- DD type C;
- DD type D.

4.12 D'après la caractéristique I^2t

En complément à la caractéristique I^2t à fournir par le constructeur comme indiqué à l'Article 5, les DD peuvent être classifiés selon leur caractéristique I^2t .

4.13 Selon le type de bornes

- DD avec bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre;
- DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 1 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe J.

- DD avec bornes plates à connexion rapide pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 2 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe K.

- DD avec bornes à vis pour conducteurs externes en aluminium.

NOTE 3 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe L.

5 Caractéristiques des DD

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un DD doivent être déclarées de la façon suivante:

- type d'installation (voir 4.2);
- nombre de pôles et de voies courant (voir 4.3);
- courant assigné I_n (voir 5.2.2);
- courant différentiel de fonctionnement assigné $I_{\Delta n}$ (voir 5.2.3);
- courant différentiel de non-fonctionnement assigné $I_{\Delta no}$ (voir 5.2.4);
- tension assignée U_n (voir 5.2.1);
- fréquence assignée (voir 5.2.5);
- pouvoir de coupure assigné I_{cn} (voir 5.2.6);
- pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$ (voir 5.2.7);
- temporisation si applicable (voir 5.2.8);
- caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue (voir 5.2.9);
- méthode de montage (voir 4.9);
- mode de connexion (voir 4.10);
- domaine du courant de déclenchement instantané en cas de surintensité (voir 4.11);
- classification selon I^2t (voir 4.12);
- degré de protection (voir CEI 60529).

Pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation:

- comportement du DD en cas de défaut de la tension d'alimentation (voir 4.1.2).

5.2 Valeurs assignées et caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

La tension d'emploi assignée d'un DD (appelée par la suite «tension assignée»), est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent ses performances.

NOTE Plusieurs tensions assignées et les pouvoirs de coupure correspondants peuvent être attribués à un même DD.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un DD est la valeur de la tension attribuée par le constructeur à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite.

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du DD. En aucun cas la tension d'emploi maximale ne peut dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un DD doit être égale ou supérieure aux valeurs normalisées de la tension de tenue aux chocs données dans le Tableau 5.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Courant attribué par le constructeur comme étant le courant que le DD peut supporter en service ininterrompu (voir 3.7.9), à une température ambiante de référence spécifiée.

La température ambiante de référence normale est de 30 °C. Si une température ambiante de référence différente est utilisée pour le DD, on doit tenir compte de son effet sur la protection des câbles contre les surcharges puisque celle-ci est aussi basée sur une température ambiante de référence de 30 °C en conformité avec les règles d'installation (voir l'Article 523 de la CEI 60364-5-52:2001).

5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Valeur du courant différentiel (voir 3.2.4) de fonctionnement, attribué par le constructeur au DD, pour lequel celui-ci doit fonctionner dans des conditions spécifiées.

Pour un DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, le calibrage le plus élevé est utilisé pour le caractériser.

Les DD aux calibres continuellement réglables ne sont pas permis.

5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

Valeur du courant différentiel de non-fonctionnement (voir 3.2.5) attribué par le constructeur au DD, et pour lequel celui-ci ne fonctionne pas dans des conditions spécifiées.

5.2.5 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un DD est la fréquence industrielle pour laquelle le DD est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

NOTE Plusieurs fréquences peuvent être attribuées au même DD.

5.2.6 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})

Le pouvoir de coupure assigné d'un DD est la valeur efficace du pouvoir de coupure limite en court-circuit (voir 3.4.6.1) attribué par le constructeur au DD.

NOTE A un pouvoir de coupure assigné I_{cn} donné correspond pour le DD un pouvoir de coupure de service en court-circuit déterminé (I_{cs}) (voir Tableau 22).

5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Valeur efficace de la composante alternative du courant différentiel présumé (3.2.3 et 3.4.3), attribué par le constructeur, qu'un DD peut établir, supporter et couper dans des conditions spécifiées.

Les conditions sont celles spécifiées au 9.12.13.

5.2.8 DD type S

DD temporisé (voir 3.3.12) conforme à la partie correspondante du Tableau 2 et du Tableau 3.

5.2.9 Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue

5.2.9.1 DD type AC

DD dont le déclenchement est assuré pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux, soit appliqués brusquement, soit augmentant progressivement.

5.2.9.2 DD type A

DD dont le déclenchement est assuré pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux ou continus pulsés, soit appliqués brusquement, soit variant progressivement.

5.3 Valeurs normales et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)

Les valeurs préférentielles de la tension assignée sont les suivantes:

DD	Circuit alimentant le DD	Tension assignée des DD pour emploi dans les systèmes 230 V ou 230/400 V ou 400 V V	Tension assignée des DD pour emploi dans les systèmes 120/240 V ou 240 V V
Unipolaire (avec deux chemins de courant)	Monophasé (entre phase et conducteur milieu mis à la terre ou phase et neutre)	230	120
Bipolaire	Monophasé (entre phase et neutre ou phase et phase ou phase et conducteur milieu mis à la terre)	230	120
	Monophasé (entre phase et phase)	400	240
	Monophasé (entre phase et phase, 3 fils)		120/240
	Triphasé (4 fils) (système phase à neutre 230/400 V ou système phase à phase 230 V)	230	
Tripolaire (avec trois ou quatre chemins de courant)	Triphasé (3 fils ou 4 fils) (système 400 V ou 230/400 V ou 240 V)	400	240
Tétrapolaire	Triphasé (4 fils) (système 230/400 V)	400	
NOTE 1 Dans la CEI 60038 la valeur de la tension de réseau 230/400 V a été normalisée. Cette valeur remplacera progressivement les valeurs 220/380 V et 240/415 V.			
NOTE 2 Partout où il est fait référence à 230 V ou 400 V dans cette norme on peut lire, respectivement, 220 V ou 240 V et 380 V ou 415 V.			
NOTE 3 Partout où il est fait référence à 120 V ou 120/240 V ou 240 V dans cette norme on peut lire, respectivement, 100 V ou 100/200 V ou 200 V.			
NOTE 4 Partout où il est fait référence à 240 V tripolaire dans cette norme on peut lire, respectivement, 100 V ou 120/208 V.			

NOTE Au Japon, les conducteurs phase-et-neutre et phase-et-terre (connecté à la terre) sont pensés différemment car dans un système unipolaire de 2-conducteurs alimenté par un système de 2-conducteurs il n'y a pas de neutre.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont:

$$6 - 8 - 10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 \text{ A.}$$

5.3.3 Valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Les valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné sont:

$$0,006 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 0,5 \text{ A.}$$

NOTE En KR et au Japon, les valeurs de 0,015 A, 0,2 A et 1 A sont également considérées comme des valeurs normalisées.

5.3.4 Valeurs normales du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

La valeur normale du courant différentiel de non-fonctionnement est: $0,5 I_{\Delta n}$.

NOTE Pour les courants différentiels pulsés, les courants différentiels de non-fonctionnement dépendent de l'angle α de retard de conduction (voir 3.1.4).

5.3.5 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée

Les valeurs préférentielles des fréquences assignées sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

5.3.6 Valeurs du pouvoir de coupure assigné**5.3.6.1 Valeurs normales jusqu'à et y compris 10 000 A**

Les valeurs normales du pouvoir de coupure assigné jusqu'à et y compris 10 000 A sont données au Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné

1 500 A
3 000 A
4 500 A
6 000 A
10 000 A

NOTE Les valeurs de 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A et 9 000 A sont considérées comme également normalisées dans certains pays.

Les plages du facteur de puissance correspondant sont données au 9.12.5.

5.3.6.2 Valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A, 15 000 A et 20 000 A sont des valeurs préférentielles.

La plage du facteur de puissance correspondant est donnée au 9.12.5.

5.3.7 Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné $I_{\Delta m}$ est de $10 I_n$ avec une valeur minimale de 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont indiqués au Tableau 21.

5.3.8 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour DD de type AC et A

5.3.8.1 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) de types AC et A

Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) pour DD de type AC et A

			Valeurs limites du temps de fonctionnement et du (des) temps de non-réponse pour DD de type AC et A dans le cas de courants résiduels alternatifs(valeurs efficaces) égaux à						
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ ou $0,25 A^a$	$5 A - 200 A,$ $500 A^b$	$I_{\Delta t}^c$	
Général	N'importe quelle valeur	<0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Temps de fonction- nement maximal
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S	≥25	>0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Temps de non- réponse minimal
		>0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

^a Pour cet essai, la valeur est à préciser par le fabricant.

^b Les essais sont effectués seulement pendant la vérification du fonctionnement correct suivant 9.9.1.2 d), mais en aucun cas des valeurs plus élevées que la valeur inférieure de la plage de la surintensité de déclenchement instantanée sont appliquées.

^c L'essai est effectué avec le courant $I_{\Delta t}$ qui est égal à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D selon le cas. Pour les essais en 9.9.1.3 et 9.9.1.4b), le courant $I_{\Delta t}$ est établi de manière que la somme vectorielle $I_{\Delta t} + I_n$ soit égale à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D, selon le cas.

NOTE Aux Etats-Unis, quand les temps de déclenchement sont spécifiquement relatifs au courant, les formules suivantes s'appliquent:

$$T = \left(\frac{20}{I} \right)^{1.43}$$

pour les défauts de résistance élevée et

$$T = 125 \left(\frac{10}{V} \right)^{1.43}$$

pour les défauts de faible résistance.

5.3.8.2 Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde (valeurs efficaces) pour le type A

Tableau 3 – Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) pour DD de type A

			Valeurs maximales du (des) temps de fonctionnement et du(des) temps de non-fonctionnement pour DD de type A dans le cas de courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) égaux à							
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5 A	350 A
Général	N'importe quelle valeur	<0,03		0,3		0,15			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		>0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S	≥25	>0,03	0,5		0,2		0,15			0,15
^a Cette valeur doit être restreinte à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D selon le cas.										

5.3.9 Plages normales de surintensité de déclenchement instantané

Les plages normales de surintensité de déclenchement instantané sont indiquées au Tableau 4.

Tableau 4 – Domaines des surintensités de déclenchement instantané

Type	Domaine
B	De $3 I_n$ à $5 I_n$ inclus
C	De $5 I_n$ à $10 I_n$ inclus
D	De $10 I_n$ à $20 I_n$ inclus ^a
^a Dans certains cas, des valeurs jusqu'à $50 I_n$ peuvent également être utilisées.	

5.3.10 Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 5 donne les valeurs normalisées des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 5 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tension nominale de l'installation	
	Système triphasé V	Système monophasé avec point milieu à la terre V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir Tableau 19.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir Tableau 28.		
^a Les valeurs 3 kV et 5 kV, respectivement sont utilisées pour vérifier les distances de sectionnement à travers les contacts ouverts à l'altitude de 2 000 m (voir Tableaux 7 et 28). ^b Pour les habitudes d'installation au Japon. ^c Pour les habitudes d'installation dans les pays du Nord de l'Amérique.		

6 Marquage et autres informations sur le produit

Chaque ID doit être marqué de façon indélébile, soit par toutes les indications énumérées ci-après, soit, pour les appareils plus petits, par certaines d'entre elles:

- le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série;
- la ou les tension(s) assignée(s);
- le courant assigné sans le symbole «A», précédé du symbole de déclenchement, instantané (B, C ou D), par exemple B 16;
- la fréquence assignée: les DD avec plus d'une fréquence assignée (par exemple, 50/60 Hz) doivent être marqués en conséquence;
- le courant différentiel de fonctionnement assigné;
- les réglages du courant différentiel de fonctionnement dans le cas de DD ayant plusieurs courants différentiels de fonctionnement;
- le pouvoir de coupure assigné en ampères;
- la température de calibration de référence si elle est différente de 30 °C;
- le degré de protection (seulement s'il diffère de IP 20);
- la position d'emploi, ~~(symbole conforme à la CEI 60051)~~ si nécessaire;
- le pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné s'il est différent du pouvoir de coupure assigné;
- le symbole  (S dans un carré) pour les appareils de type S;
- indication si le DD est fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation selon le cas (à l'étude);
- organe de manœuvre du dispositif d'essai, repéré par la lettre T;
- schéma de raccordement;
- la caractéristique de fonctionnement en cas de courants différentiels avec composantes continues:

– les DD type AC doivent être marqués du symbole  (CEI 60417-5032-2002-10)

– les DD type A doivent être marqués du symbole 

s) pour les DD de type D, le courant de déclenchement instantané maximum s'il est supérieur à $20 I_n$ (voir le Tableau 4).

Les marques doivent se trouver sur le DD lui-même ou sur une ou plusieurs plaques signalétiques fixées au DD et ces marques doivent être apposées en un endroit tel qu'elles soient visibles et lisibles lorsque le DD est installé.

L'aptitude au sectionnement, qui est assurée par tous les DD de la présente norme, peut être indiquée par le symbole  marqué sur l'appareil. S'il est marqué sur l'appareil, il peut être inclus dans un schéma de câblage, où il peut être combiné avec les symboles d'autres fonctions.

NOTE 1 En Australie, ce marquage sur le disjoncteur est obligatoire mais pas nécessairement visible après installation.

Lorsque le symbole est utilisé seul (c'est-à-dire pas dans un schéma de câblage), la combinaison avec les symboles d'autres fonctions n'est pas permise.

Si un degré de protection plus élevé que IP20 est marqué sur l'appareil, celui-ci doit y satisfaire, quelle que soit la méthode d'installation. Si le degré de protection plus élevé est obtenu par une méthode spécifique d'installation et/ou en employant des accessoires particuliers (tels que couvre-bornes, enveloppes, etc.), cela doit être spécifié dans la documentation du constructeur.

Si, pour de petits appareils, la place disponible n'est pas suffisante pour toutes les indications ci-dessus qui doivent y figurer, les indications spécifiées aux points d), f), n), p) et r) au moins (uniquement pour le type A) doivent être **portées et** visibles quand l'appareil est installé. Les **indications visées en informations des points a), b), c), h), l), r)** (uniquement pour le type AC) et s) peuvent être portées sur le côté ou sur le dos de l'appareil et être visibles seulement avant l'installation de l'appareil. **Comme alternative**, L'information du point q) peut être placée à l'intérieur de tout capot qui doit être démonté pour le raccordement à l'alimentation. Les autres indications doivent être données dans les catalogues du constructeur.

Pour les DD autres que ceux manœuvrés au moyen de boutons-poussoirs, la position ouverte doit être indiquée par le symbole «O» et la position fermée par le symbole «I» (trait vertical court).

Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. Provisoirement, l'utilisation exclusive de symboles nationaux est autorisée. Ces indications doivent être facilement lisibles quand le DD est installé.

Pour les DD manœuvrés au moyen de deux boutons-poussoirs, le bouton-poussoir destiné à l'opération d'ouverture seulement doit être rouge et/ou être marqué du symbole «O».

Le rouge ne doit être utilisé pour aucun autre bouton-poussoir du DD.

Si un bouton-poussoir est utilisé pour la fermeture des contacts et est de toute évidence repéré comme tel, sa position enfoncée est suffisante pour indiquer la position fermée.

Si un seul bouton-poussoir est utilisé pour la fermeture et l'ouverture des contacts et est identifié comme tel, le bouton restant dans la position enfoncée est suffisant pour indiquer la position fermée. Cependant, si le bouton ne reste pas enfoncé, un dispositif additionnel indiquant la position des contacts doit être fourni.

S'il est nécessaire d'établir une distinction entre les bornes d'entrées et de sorties, celles-ci doivent être clairement marquées (par exemple avec les termes «amont» et «aval» près des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant le sens du parcours de la puissance).

Les bornes destinées exclusivement au branchement du neutre du ~~circuit~~ conducteur doivent être marquées avec la lettre N.

Les bornes destinées au conducteur de protection, s'il en existe, doivent être marquées du

symbole  (CEI 60417-5019-2006-08).

NOTE 2 Le symbole  (CEI 60417-5017-2006-08), précédemment recommandé, doit être progressivement remplacé par le symbole préférentiel CEI 60417-5019 donné ci-dessus.

Le marquage doit être indélébile et facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles détachables ou autres parties amovibles.

La vérification de l'indélébilité du marquage est effectuée par l'essai du 9.3.

Pour les bornes universelles (pour les conducteurs rigides à âme massive, rigides à âme câblée et souples):

- pas de marquage.

Pour les bornes non-universelles:

- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides à âme massive uniquement doivent être marquées par la lettre "s" ou par "sol";
- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides (massifs ou câbles) uniquement doivent être marquées par la lettre "r".

Les marquages doivent figurer sur le DD ou, si l'espace disponible n'est pas suffisant, sur la plus petite partie de l'emballage ou dans l'information technique.

7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normales

Les DD conformes à cette norme doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales données au Tableau 6.

Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service

Grandeurs d'influence	Domaine d'emploi normal	Valeurs de référence	Tolérance pour les essais (voir note 6)
Température ambiante (voir notes 1 et 7)	De -5 °C à +40 °C (voir note 2)	20 °C	± 5 °C
Altitude	Ne dépassant pas 2 000 m		
Humidité relative maximale à 40 °C	50 % (voir note 3)		
Induction magnétique d'origine extérieure	Inférieure ou égale à 5 fois l'induction magnétique terrestre dans toutes les directions	Champs magnétiques d'origine terrestre	(voir note 4)
Position	Comme indiqué par le constructeur avec une tolérance de 2° dans toutes les directions (voir note 5)	Comme indiqué par le constructeur	2° dans n'importe quelle direction
Fréquence	Valeur de référence ± 5 % (voir note 6)	Valeur assignée	± 2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %

NOTE 1 La valeur maximale de la moyenne journalière est de +35 °C.

NOTE 2 Des valeurs hors de ce domaine sont admises pour des conditions climatiques plus sévères après accord entre constructeur et utilisateur.

NOTE 3 Des degrés d'humidité relative sont admis à des températures plus basses (par exemple 90 % à 20 °C).

NOTE 4 Dans le cas où un DD est installé à proximité d'un fort champ magnétique, des règles complémentaires peuvent être nécessaires.

NOTE 5 Il convient que l'appareil soit fixé de façon qu'aucune pièce du DD ne subisse de déformations susceptibles de gêner son fonctionnement.

NOTE 6 Les tolérances données sont applicables, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans l'essai spécifique.

NOTE 7 Des limites extrêmes de –20 °C et +60 °C sont admissibles pendant le stockage et le transport et devraient être prises en compte dans la conception de l'appareil.

7.2 Conditions d'installation

Les DD doivent être installés selon les indications du constructeur.

7.3 Degré de pollution

Les DD couverts par cette norme sont destinés à des environnements présentant un degré de pollution 2, c'est-à-dire que normalement seule une pollution non conductrice apparaît; occasionnellement, toutefois, une conductivité temporaire causée par de la condensation peut être attendue.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Réalisation mécanique

8.1.1 Généralités

Les DD doivent être conçus et réalisés de façon que, en usage normal, leur fonctionnement soit sûr et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

La détection du courant différentiel et le déclencheur différentiel doivent être situés entre les bornes d'entrée et de sortie du DD.

Il ne doit pas être possible de modifier les caractéristiques de fonctionnement du DD par des interventions extérieures autres que celles qui sont spécifiquement prévues pour modifier la valeur du courant différentiel de fonctionnement assignée.

Le changement d'un calibrage vers un autre ne doit pas être possible sans un outil. Il ne doit pas être possible de mettre hors d'état de marche ou d'interdire le fonctionnement du DD par aucun procédé.

NOTE En Australie, en Allemagne, au Danemark, en Italie, au Royaume-Uni et en Suisse, il n'est pas permis d'avoir plusieurs réglages.

En cas de DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel résiduel, la valeur assignée est la plus élevée des valeurs de réglage.

8.1.2 Mécanisme

Les contacts mobiles de tous les pôles des DD multipolaires doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, excepté le pôle neutre de sectionnement, s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement.

Le pôle neutre de sectionnement (voir 3.3.15.3) des DD tétrapolaires ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant les autres pôles.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par essai manuel, en employant des moyens appropriés (tels qu'indicateurs lumineux, oscilloscope, etc.).

Si un pôle ayant un pouvoir de coupure et de fermeture en court-circuit approprié est utilisé comme pôle neutre et si le fonctionnement du DD est du type à manœuvre manuelle indépendante (voir 3.7.5), dans ce cas tous les pôles, y compris le pôle neutre, peuvent fonctionner effectivement ensemble.

Les DD doivent avoir des mécanismes à déclenchement libre.

Il doit être possible d'ouvrir ou de fermer les DD à la main. Pour les DD de type enfichable sans organe de manœuvre, cette condition n'est pas considérée comme satisfaite par le fait que le DD peut être retiré de son socle.

Les disjoncteurs doivent être construits de façon telle que les contacts mobiles puissent rester uniquement dans la position de fermeture (voir 3.3.13.) ou d'ouverture (voir 3.3.14.), même lorsque l'organe de manœuvre est abandonné dans une position intermédiaire.

Les DD en position d'ouverture (voir 3.3.14) doivent avoir une distance de sectionnement qui respecte les exigences nécessaires pour satisfaire à la fonction sectionnement (voir 8.3).

L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou les deux moyens suivants:

- la position de l'organe de manœuvre, cette solution étant préférée; ou
- un indicateur mécanique séparé.

Si un indicateur mécanique séparé est utilisé pour indiquer la position des contacts principaux, il doit être de couleur rouge pour la position de fermeture et de couleur verte pour la position d'ouverture.

NOTE 1 Aux Etats-Unis, les couleurs rouges et vertes ne sont pas utilisées pour indiquer la position du contact.

Les moyens d'indication de la position des contacts doivent être fiables.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.9.2.2.

Les DD doivent être conçus de telle façon que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis correctement en place que de la façon qui assure une indication correcte de la position des contacts.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.12.12.1 et de 9.12.12.2.

Lorsque des moyens de verrouillage de l'équipement en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le constructeur, le verrouillage dans cette position doit être possible uniquement lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture.

NOTE 2 Le verrouillage de l'organe de manœuvre dans la position de fermeture est permis pour des applications particulières.

La conformité est vérifiée par examen visuel, en tenant compte des instructions du constructeur.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement prendre ou rester dans la position correspondant à celle des contacts mobiles; dans ce cas, l'organe de manœuvre doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts, mais, pour l'ouverture automatique, une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être prévue. Dans ce cas, il doit être nécessaire de réarmer le DD manuellement avant de pouvoir le refermer.

Dans le cas de DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation, se refermant automatiquement (voir 4.1.2.1 a)) lorsque la tension d'alimentation est rétablie après disparition de cette dernière, l'organe de manœuvre doit rester dans la position «fermé» après une ouverture automatique des contacts; lorsque la tension d'alimentation est rétablie, les contacts doivent se refermer automatiquement à moins que l'organe de manœuvre n'ait été placé en position «ouvert».

NOTE 3 Pour ce type de DD, l'organe de manœuvre ne peut pas être utilisé pour indiquer les positions ouvert et fermé.

Lorsqu'un indicateur lumineux est utilisé, il doit être allumé et de couleur brillante quand le DD est en position «fermé». L'indicateur lumineux ne doit pas être le seul moyen d'indication de la position «fermé».

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou des capots et doit être indépendant de toute partie amovible.

Un capot scellé mis en place par le constructeur est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons-poussoirs, il ne doit pas être possible d'enlever les boutons de l'extérieur du DD.

Les organes de manœuvre doivent être solidement fixés sur leurs axes et il ne doit pas être possible de les retirer sans l'aide d'un outil.

Les organes de manœuvre directement fixés aux capots sont autorisés. Si l'organe de manœuvre possède un mouvement de haut en bas et de bas en haut, lorsque le DD est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

NOTE 4 Provisoirement, dans certains pays le mouvement de fermeture du haut vers le bas est permis.

La conformité aux conditions ci-dessus est vérifiée par examen visuel et essai manuel, pour le mécanisme à déclenchement libre, par les essais du 9.11.

8.1.3 Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B)

~~Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales sont données dans le Tableau 7 qui est basé sur le fait que le DD est destiné à fonctionner dans des environnements avec degré de pollution 2.~~

~~La conformité est vérifiée par examen visuel et/ou par mesure et pour le point 1 par l'essai de 9.7.7.1.~~

~~Les distances d'isolement des points 2, 4 et 5 peuvent être réduites à condition que les essais selon le Tableau 19 soient satisfaisants.~~

~~La conformité est vérifiée, si besoin, avec les essais de tension donnés dans le Tableau 19, avec les dispositifs d'essais de 9.7.2 point b), c), d), e) et de 9.20 (sans nouveau traitement à l'humidité comme décrit en 9.7.1).~~

~~Les matériaux isolants sont classifiés en groupes de matériaux en fonction de leur indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) selon 2.7.1.1 et 2.7.1.3 de la CEI 60664-1:2007.~~

Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales sont données dans le Tableau 7 qui est basé sur le fait que le DD est destiné à fonctionner dans des environnements avec degré de pollution 2.

La conformité du point 1 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure et par l'essai décrit aux paragraphes 9.7.7.4.1 et 9.7.7.4.2. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité tel que décrit au 9.7.1.

Les distances d'isolement des points 2 et 4 (à l'exception des surfaces accessibles après l'installation, voir Note 1) peuvent être réduites à condition que les distances d'isolement mesurées ne soit pas plus courtes que le minimum autorisé dans la CEI 60664-1 pour les conditions de champs homogènes.

NOTE 1 Les surfaces accessibles après l'installation désignent toutes les surfaces accessibles par l'utilisateur lorsque le DD est installé conformément aux instructions du fabricant. Le doigt d'épreuve peut être appliqué pour déterminer si la surface est accessible ou non.

Dans ce cas, après le traitement d'humidité décrit au 9.7.1, la conformité des points 2 et 4 et les dispositions du 9.7.2 points b), c), d) et e) est vérifiée dans l'ordre suivant:

- Essais selon 9.7.2 à 9.7.6 le cas échéant;
- Essai selon 9.7.7.2 appliqué avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 19 et avec les dispositions du 9.7.2 points b), c), d), e).

Si les mesures ne démontrent aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.7.2 n'est pas appliqué.

La conformité du point 3 dans le Tableau 7 est vérifiée par la mesure.

NOTE 2 Toutes les mesures nécessaires au 8.1.3 seront effectuées à la séquence d'essai A sur un échantillon et les essais de 9.7.7.2 seront effectués avant 9.7.1 sur trois échantillons de la séquence d'essai B.

Certaines parties des circuits imprimés connectées aux parties actives protégées contre la pollution par l'utilisation d'une protection de type 2 selon la CEI 60664-3 sont dispensées de cette vérification.

Les matériaux isolants sont classifiés en groupes de matériaux en fonction de leur indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) conformément à 4.8.1 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 3 L'information sur les exigences pour la conception de l'isolation solide et des essais appropriés est fournie dans la CEI 60664-1:2007, 5.3 et 6.1.3.

NOTE 4 Pour les distances d'isolement sur les matériaux de circuits imprimés, la Note 3 suivante du Tableau F.2 de la 60664-1:2007 peut être utilisée: "Pour les matériaux de circuits imprimés, les valeurs pour le degré de pollution 1 s'appliquent avec pour exception que les valeurs ne doivent pas être inférieures à 0,04 mm, comme spécifié dans le Tableau F.4.". Pour les lignes de fuite sur les matériaux de circuits imprimés, les distances du Tableau F.4 de la 60664-1:2007 peuvent être utilisées si elles sont protégées par un revêtement conformément aux exigences et aux essais de la CEI 60664-3.

NOTE 5 Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite pour les intervalles égaux ou inférieures à 2 mm pour les cartes de circuits imprimés peut être optimisé sous certaines conditions en cas d'utilisation de la CEI 60664-5. Seuls les niveaux d'humidité HL2 et HL3 sont considérés.

Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales

	Distances d'isolement minimales mm			Lignes de fuite minimales ^{e, f} mm											
				Groupe IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Groupe II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Groupe I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Tension assignée V			Tension locale ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. Entre parties actives qui sont séparées lorsque les contacts sont en position ouverte ^a	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. Entre parties actives de polarité différente ^a	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. Entre circuits alimentés par des sources différentes, l'une d'elles étant en TBTP ou TBTS ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Tension assignée V											
				120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400	
4. Entre parties actives et - les surfaces accessibles des organes de manœuvre - les vis ou autres organes de fixation des capots qui doivent être retirés lorsqu'on fixe le DD - la surface sur laquelle le DD est monté ^b - les vis ou les autres organes de fixation du DD ^b - les couvercles ou boîtes métalliques ^b - les autres parties métalliques accessibles ^c - les bâtis métalliques supportant des DD de type à encastrer	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0				
~~5. Entre les parties métalliques du mécanisme et - les parties métalliques accessibles^c - les vis ou autres organes de fixation du DD - les bâtis métalliques supportant des DD de type à encastrer~~															
NOTE 1 Les valeurs données pour 400 V sont aussi valables pour 440 V.															
NOTE 2 Les parties du chemin du neutre, s'il existe, sont considérées comme des parties actives.															
~~NOTE 3 Les règles de dimensionnement de l'isolation solide sont à l'étude.~~															
NOTE 4 Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre parties actives de polarité différentes des DD de type enfichable placés les uns à côté des autres. Si les exigences pour les distances d'isolement et pour les lignes de fuite ne répondent pas à toutes les surfaces adjacentes du DD, une information appropriée sera fournie pour les procédures d'installation.															

- a Pour les contacts auxiliaires et de commande, les valeurs sont données dans la norme correspondante.
- b Les valeurs sont doublées si les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le DD est monté ne dépendent pas seulement de la conception du DD, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque le DD est monté dans la position la plus défavorable.
- c Y compris une feuille métallique en contact avec des surfaces en matière isolante, qui sont accessibles après installation pour usage normal. La feuille est poussée dans les coins, les rainures, etc., au moyen d'un doigt d'essai rigide et rectiligne, en accord avec 9.6 (voir Figure 3).
- d Voir la CEI 60112.
- e L'interpolation est admise lors de la détermination de lignes de fuite correspondant à des valeurs de tension intermédiaires par rapport à celles listées comme tension locale. **Lors de l'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs prises à partir des tables.** Pour la détermination des lignes de fuite, voir l'Annexe B.
- f Les lignes de fuite ne peuvent pas être inférieures aux distances d'isolement associées.
- g Pour couvrir toutes les tensions y compris la TBT d'un contact auxiliaire.
- h Pour le groupe de matériel IIIb ($100 \text{ V} \leq \text{ITC} < 175 \text{ V}$), les valeurs pour le groupe IIIa, multipliées par 1,6, s'appliquent.
- i Pour des tensions locales jusqu'à 25 V inclus, on peut faire référence à la CEI 60664-1.

8.1.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.1.4.1 Les assemblages mécaniques et connexions électriques doivent être capables de résister aux efforts mécaniques qui se produisent en service normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du DD lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) qui sont mis en œuvre lors du montage du DD comprennent les vis pour la fixation des capots ou des plaques de recouvrement, mais pas les moyens de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base du DD.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.4.

NOTE 2 Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais des 9.8, 9.12, 9.13, 9.14 et 9.23.

8.1.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante et qui sont mises en œuvre lors du montage du DD pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

NOTE L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.1.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que céramique, mica pur ou autres matières présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou fléchissement éventuel de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le caractère approprié de la matière est estimé par rapport à la stabilité des dimensions.

8.1.4.4 ~~Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, s'il y a lieu, doivent être~~

~~— soit en cuivre,~~

~~— soit en alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres,~~

~~— soit en un autre métal ou un métal avec revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.~~

~~NOTE — De nouvelles spécifications et des essais appropriés pour déterminer la résistance à la corrosion sont à l'étude. Ces spécifications devraient permettre l'emploi d'autres matériaux convenablement revêtus.~~

~~Les spécifications de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ainsi qu'aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.~~

Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, doivent être faites, le cas échéant, d'un métal ayant, dans les conditions se manifestant dans l'appareil, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion suffisantes pour l'utilisation qui leur est destinée,

Des exemples de matériaux appropriés sont donnés ci-après:

- cuivre;
- alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- autre métal ou métal avec revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou de métal ferreux avec revêtement adapté, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.25).

~~Les spécifications de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ainsi qu'aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.~~

8.1.5 Bornes pour conducteurs externes

8.1.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de façon que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

~~Dans la présente norme, seules les bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre ont été considérées.~~

~~NOTE — Des spécifications pour les connecteurs à clips et languettes, bornes sans vis et bornes pour conducteurs en aluminium sont à l'étude.~~

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis pourvu qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

~~La conformité est vérifiée par inspection et par les essais du 9.5.~~ La conformité est vérifiée par inspection, par les essais du 9.5 pour bornes à vis, par des essais spécifiques pour les DD de type enfichable ou à fixation par boulons inclus dans la norme, ou par les essais des Annexes J, K ou L, le cas échéant pour le type de connexion.

8.1.5.2 ~~Les DD doivent être munis de bornes qui doivent permettre la connexion des conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées au Tableau 8.~~

~~NOTE — Des exemples de configuration de bornes sont indiqués à l'Annexe IC.~~

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 8 — Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis

Courant assigné ^a		Plage des sections nominales à serrer ^b	
A		mm ²	
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	Conducteurs rigides (massifs ou câblés)	Conducteurs souples
–	13	1 à 2,5	1 à 2,5
13	16	1 à 4	1 à 4
16	25	1,5 à 6	1,5 à 6
25	32	2,5 à 10	2,5 à 6
32	50	4 à 16	4 à 10
50	80	10 à 25	10 à 16
80	100	16 à 35	16 à 25
100	125	25 à 50	25 à 35

NOTE — Pour les conducteurs en cuivre AWG, voir l'Annexe ID.

a — Une série de DD ayant la même conception de base, la même conception et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimum et de la plus grande section pour le courant assigné maximum, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.

b — Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 6 mm² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

Les DD doivent être munis:

- soit de bornes qui doivent permettre la connexion des conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées au Tableau 8;

NOTE — Des exemples de conceptions possibles de bornes à vis sont donnés dans l'Annexe IC.

- ou de bornes pour conducteurs extérieurs en aluminium non traité et avec bornes à vis en aluminium pour une utilisation avec du cuivre ou avec des conducteurs en aluminium conformément à l'Annexe L.

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis

Courant assigné ^{a)} A		Plage des sections nominales à serrer ^{b)} mm ²	
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	Conducteurs rigides (massifs ou câblés ^{c)})	Conducteurs souples
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	25 to 50	25 to 35

NOTE Une information sur les AWG est donnée en Annexe ID.

a) Une série de DD ayant la même conception de base, la même conception et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimum et de la plus grande section pour le courant assigné maximum, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.

b) Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 6 mm² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

c) Les conducteurs câblés rigides doivent être utilisés pour les conducteurs de section 1,5 mm² à 50 mm² et doivent être conformes à la classe 2 de la CEI 60228, relative aux âmes câblées pour câbles monoconducteurs.

8.1.5.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.5.

8.1.5.4 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme «préparation spéciale» concerne l'étamage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc., mais non la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.1.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique appropriée.

Les vis et les écrous pour le serrage des conducteurs doivent avoir un pas métrique ISO ou un filetage d'un pas comparable et d'une résistance mécanique équivalente.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des 9.4 et 9.5.1.

8.1.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.5.2.

8.1.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des 9.4 et 9.5.1.

8.1.5.8 Les bornes doivent être conçues ou positionnées de manière que ni un conducteur rigide à âme massive ni un brin d'un conducteur câblé ne puisse s'échapper lors du serrage des vis ou des écrous.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.5.3.

8.1.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, les bornes ne puissent pas prendre de jeu par rapport aux DD.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soient empêchés, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences de la présente norme.

L'utilisation d'une résine ou d'une matière de remplissage est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que

- la résine ou la matière de remplissage ne soit pas soumise à des contraintes pendant l'usage normal,
- l'efficacité de la résine ou de la matière de remplissage ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans cette norme.

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'essai du 9.4.

8.1.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinés à la connexion des conducteurs de protection doivent être prémunis de façon adéquate contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les modèles de bornes dont des exemples sont donnés à l'Annexe IC procurent une élasticité suffisante pour répondre à l'exigence; pour d'autres modèles, des dispositions spéciales telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable, qui ne peut pas être retirée par inadvertance, peuvent être nécessaires.

8.1.5.11 Les vis et écrous destinés à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être autotaraudeuses.

8.1.6 Non-interchangeabilité

Pour les DD destinés à être montés sur les bases faisant corps avec eux (type enfichable ou à vis), on ne doit pas pouvoir remplacer, sans l'aide d'un outil, un DD monté et équipé de conducteurs comme en usage normal par un autre appareil de la même fabrication et de courant assigné plus élevé.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE L'expression «comme en usage normal» implique que le disjoncteur est monté conformément aux instructions du constructeur.

8.2 Protection contre les chocs électriques

Les DD doivent être conçus de telle façon que, lorsqu'ils sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal, les parties actives ne soient pas accessibles.

NOTE Le terme «usage normal» implique que le DD est installé selon les instructions du constructeur.

Une partie est considérée comme «accessible» si on peut la toucher avec le doigt d'épreuve (voir 9.6).

Dans le cas des DD autres que ceux du type enfichable, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque les DD sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal, doivent être soit en matière isolante, soit entièrement revêtues de matière isolante, à moins que les parties actives ne soient enfermées dans une enveloppe intérieure en matière isolante.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ne pas risquer d'être perdus au cours de l'installation du DD. Ils doivent avoir une épaisseur et une résistance mécanique suffisantes et doivent assurer une protection efficace aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent être soit en matière isolante, soit munies de manchons ou dispositifs analogues en matière isolante. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et avoir une résistance mécanique suffisante.

Dans le cas des DD enfichables, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots, qui sont accessibles en usage normal, doivent être en matière isolante.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices accessibles, à l'exception de celles permettant d'accoupler les organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles, et doivent être revêtus de matière isolante.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. Elles doivent être en outre isolées des parties métalliques accessibles, des bâtis métalliques supportant la base des DD de type encastré, des vis ou autres organes de fixation de la base sur son support et d'une plaque métallique utilisée comme support.

On doit pouvoir remplacer facilement les DD enfichables sans toucher aux parties actives.

Le vernis ou l'émail ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.6.

8.3 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

Les DD doivent avoir des propriétés diélectriques appropriées et doivent assurer le sectionnement.

Les circuits de commande connectés au circuit principal ne doivent pas être endommagés par des tensions continues élevées résultant des mesures d'isolement qui sont normalement effectuées après que les DD ont été installés.

La conformité est vérifiée par les essais des 9.7-~~et 9.20~~.

8.4 Echauffements

8.4.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des diverses parties d'un DD spécifiées au Tableau 9, mesurés dans les conditions spécifiées au 9.8.2, ne doivent pas dépasser les limites indiquées au Tableau 9.

Le DD ne doit pas subir de dommages de nature à nuire à son fonctionnement et à sa sûreté.

Tableau 9 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b}	Echauffement K
Bornes de raccordement pour des connexions externes ^c	65
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du DD, y compris les organes de manœuvre en matière isolante et les organes métalliques des moyens de couplage isolés pour le fonctionnement de plusieurs pôles	40
Parties métalliques extérieures des organes de manœuvre	25
Autres parties extérieures, y compris la face du DD en contact direct avec la surface de montage	60
^a Il n'est pas spécifié de valeurs pour les contacts parce que la conception de la plupart des DD est telle que la mesure directe de la température de ces parties ne peut être effectuée sans risquer de provoquer des altérations ou déplacements de parties susceptibles d'affecter la reproductibilité des essais. L'essai de fiabilité (voir 9.22) est considéré suffisant pour la vérification indirecte du comportement des contacts vis-à-vis des échauffements non admissibles en service. ^b Il n'est pas spécifié de valeur pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matière isolante ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du DD ne doit pas être affecté. ^c Pour les DD du type enfichable, les bornes de la base sur laquelle ils sont installés.	

8.4.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 9 sont applicables seulement si la température de l'air ambiant reste entre les limites indiquées au Tableau 6.

8.5 Caractéristiques de fonctionnement

Les caractéristiques de fonctionnement des DD dans des conditions de courant différentiel ou de surintensité doivent satisfaire aux exigences du 9.9 ~~et du 9.21~~, selon le cas.

8.5.1 En cas de courant différentiel résiduel

Les DD doivent fonctionner dans les conditions prescrites au 9.9.1.

8.5.2 En cas de surintensité

Les DD doivent satisfaire aux exigences des 8.5.2.1 et 8.5.2.3.

8.5.2.1 Zone temps-surintensité normalisée

La caractéristique de déclenchement des DD doit assurer une protection adéquate contre les surintensités sans fonctionnement prématuré.

La zone de la caractéristique temps-courant (caractéristique de déclenchement) d'un DD est définie par les conditions et les valeurs indiquées au Tableau 10.

Ce tableau se rapporte à un DD fixé dans les conditions de référence (voir 9.2), fonctionnant à la température de calibrage de référence de 30° C avec une tolérance de $^{+5}_0$ °C (voir la note du Tableau 10).

La conformité est vérifiée par les essais spécifiés au 9.9.2.

Les essais peuvent être effectués à toute température de l'air jugée commode, les résultats devant se référer à une température de 30 °C au moyen des informations données par le constructeur.

En aucun cas la variation du courant d'essai du Tableau 10 ne doit excéder 1,2 % par degré K de variation de la température de calibrage.

Si les DD sont marqués pour une température de calibrage différente de 30 °C, ils sont essayés pour cette température différente.

NOTE Le constructeur doit pouvoir donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures de calibrage différentes de la valeur de référence.

Tableau 10 – Caractéristiques opératoires temps-courant

Essai	Type	Courant d'essai	Conditions initiales	Durée limite du temps de déclenchement ou de non-déclenchement	Résultats à obtenir	Observations
a)	B, C, D	$1,13 I_n$	Etat froid ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Pas de déclenchement	
b)	B, C, D	$1,45 I_n$	Immédiatement après l'essai ^a	$t < 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Déclenchement	Courant croissant régulièrement en moins de 5 s
c)	B, C, D	$2,55 I_n$	Etat froid ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (pour $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (pour $I_n > 32 \text{ A}$)	Déclenchement	
d)	B C D	$\frac{3}{5} I_n$ $\frac{5}{10} I_n$ $\frac{10}{10} I_n$	Etat froid ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	Pas de déclenchement	Courant obtenu par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
e)	B C D	$\frac{5}{10} I_n$ $\frac{10}{20} I_n$ ^b $\frac{20}{20} I_n$	Etat froid ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Déclenchement	Courant obtenu par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
~~NOTE Une balise supplémentaire, intermédiaire entre l'essai c) et d) est à l'étude pour les disjoncteurs de type D.~~						
^a Le terme «état froid» signifie sans charge préalable, à la température de calibrage de référence.						
^b $50 I_n$ pour certaines applications.						

8.5.2.2 Grandeurs conventionnelles

a) Temps conventionnel

Le temps conventionnel est 1 h pour les DD de courant assigné jusqu'à 63 A inclus et 2 h pour les DD de courant assigné supérieur à 63 A.

b) Surintensité conventionnelle de non-déclenchement (I_{nt})

La surintensité conventionnelle de non-déclenchement d'un DD est 1,13 fois son courant assigné.

c) Surintensité conventionnelle de déclenchement (I_t)

La surintensité conventionnelle de déclenchement d'un DD est 1,45 fois son courant assigné.

8.5.2.3 Caractéristiques de déclenchement par surintensité

La caractéristique de déclenchement par surintensité des DD doit se situer à l'intérieur de la zone définie au 8.5.2.1.

NOTE Des conditions de température et de montage différentes de celles spécifiées au 9.2 (par exemple: montage dans une enveloppe spéciale, groupement de plusieurs DD dans la même enveloppe, etc.) peuvent affecter la caractéristique de déclenchement des DD.

Le constructeur doit être à même de donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures ambiantes différentes de la valeur de référence à l'intérieur des limites du 7.1.

8.5.2.4 Effet de la température de l'air ambiant sur la caractéristique de déclenchement par surintensité

Les températures ambiantes autres que la température de référence à l'intérieur des limites de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ne doivent pas affecter de façon inacceptable la caractéristique de déclenchement par surintensité des DD.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9.2.3.

8.6 Endurance mécanique et électrique

Les DD doivent être capables d'effectuer le nombre d'opérations mécaniques et électriques appropriées.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.10.

8.7 Tenue aux courants de courts-circuits

Les DD doivent pouvoir effectuer un nombre spécifié d'opérations en court-circuit, pendant lesquelles ils ne doivent ni mettre en danger l'opérateur ni donner naissance à un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.12.

8.8 Résistance aux chocs mécaniques

Les DD doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes qui leur sont imposées pendant l'installation et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.13.

8.9 Résistance à la chaleur

Les DD doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.14.

8.10 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matière isolante des DD ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent à leur voisinage une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matériau isolant est considérée vérifiée par les autres essais de cette norme.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.15.

8.11 Dispositif de contrôle

Les DD doivent être munis d'un dispositif de contrôle conçu pour simuler le passage à travers le dispositif de détection d'un courant différentiel, en vue de permettre la vérification périodique de l'aptitude au fonctionnement du dispositif différentiel.

NOTE Le dispositif de contrôle est destiné à vérifier la fonction déclenchement et non la valeur pour laquelle le fonctionnement est effectif, en ce qui concerne le courant de fonctionnement différentiel assigné et les temps de fonctionnement.

Les ampères-tours produits par le fonctionnement du dispositif de contrôle d'un DD alimenté à sa tension assignée ou à la plus élevée de la plage de tensions, s'il y a lieu, ne doivent pas dépasser 2,5 fois les ampères-tours produits quand un courant différentiel égal à $I_{\Delta n}$ circule à travers l'un des pôles du DD.

Dans le cas de DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement (voir 4.4), on doit utiliser le réglage le plus bas pour laquelle le DD a été conçu.

Le dispositif de contrôle doit satisfaire à l'essai spécifié au 9.16.

Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas être mis sous tension lorsque le dispositif de contrôle est manœuvré.

Il ne doit pas être possible, lors du fonctionnement du dispositif de contrôle, d'alimenter le circuit côté aval quand le DD est en position d'ouverture et connecté comme en usage normal.

Le dispositif de contrôle ne doit pas être le seul moyen d'exécution de l'ouverture et il n'est pas prévu pour remplir cette fonction.

8.12 Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation

Les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation doivent fonctionner correctement pour toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 0,85 et 1,1 fois sa valeur nominale; pour ce faire, les DD multipolaires doivent avoir toutes leurs voies de courant alimentées par les phases correspondantes et le neutre, s'il y a lieu.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.17 avec les conditions d'essai supplémentaires spécifiées au 9.9.1.2.

Selon leur classification, les DD doivent répondre aux conditions indiquées au Tableau 11.

Tableau 11 – Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation

Classification de l'appareil selon 4.1		Comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation
DD s'ouvrant automatiquement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (4.1.2.1)	Sans retard	Ouverture non temporisée selon les conditions du 9.17.2 a)
	Avec retard	Ouverture temporisée selon les conditions d'essai du 9.17.2 b). Le fonctionnement correct pendant le retard doit être contrôlé selon le 9.17.3
DD ne s'ouvrant pas automatiquement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (4.1.2.2)		Pas d'ouverture

8.13 ~~Comportement des DD en cas de surintensité monophasée dans les DD tri- ou tétrapolaires~~Vide

~~Les DD tri- ou tétrapolaires ne doivent pas fonctionner avec une surintensité monophasée ayant une valeur égale à la limite inférieure de la plage des déclenchements instantanés des types B, C ou D selon le cas.~~

~~La conformité est vérifiée par l'essai du 9.18.~~

8.14 Comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surs tension

Les DD doivent supporter de façon appropriée les ondes de courant à la terre dues à la charge des capacités de l'installation et les ondes de courant à terre dues à des amorçages dans l'installation. Les DD du type S doivent en outre avoir une résistance appropriée contre

les déclenchements indésirables en cas d'ondes de courant à la terre dues à des amorçages dans l'installation.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.19.

8.15 Comportement des DD en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue

Les DD doivent pouvoir fonctionner correctement en présence de courants de défaut à la terre comprenant une composante continue en accord avec leur classification.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9.321.

8.16 Fiabilité

Les DD doivent encore fonctionner de façon sûre, même après un long service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par l'essai des 9.22 et 9.23.

8.17 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les DD doivent fonctionner de façon sûre, même en présence de phénomènes électromagnétiques, et doivent satisfaire aux exigences du CEM spécifié.

La vérification est effectuée par les essais du 9.24.

9 Essais

9.1 Généralités

9.1.1 La vérification des caractéristiques des DD est effectuée par les essais de type.

La liste des essais de type spécifiée par la présente norme est indiquée au Tableau 12.

Tableau 12 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3
– Sûreté des vis, parties transportant le courant et connexions	9.4
– Sûreté des bornes pour conducteurs externes	9.5
– Protection contre les chocs électriques	9.6
– Propriétés diélectriques	9.7
– Echauffements	9.8
– Caractéristique de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10
– Mécanisme à déclenchement libre	9.11
– Court-circuit ^a	9.12
– Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	9.13
– Résistance à la chaleur	9.14
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.15
– Fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	9.16
– Comportement du DD en cas de défaillance de la tension d'alimentation pour les DD classés selon le 4.1.2.1.	9.17
~~– Valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité~~	~~9.18~~
– Résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de courant	9.19
~~– Résistance de l'isolation à une onde de surtension~~	~~9.20~~
~~– Comportement des DD en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue~~	~~9.21~~
– Fiabilité	9.22
– Vieillesse des composants électroniques	9.23
– Compatibilité électromagnétique (CEM)	9.24
– Résistance à la rouille	9.25
^a Ceci comprend plusieurs essais.	

9.1.2 En vue d'une certification, les essais de type sont effectués selon une séquence d'essais.

NOTE Le terme «certification» recouvre:

- soit l'autocertification par le constructeur;
- soit la certification par une tierce partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués en Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque essai de type (ou séquence d'essais de type) est effectué sur des DD neufs et à l'état propre, les grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence normales (voir Tableau 6).

9.1.3 Les essais individuels effectués par le constructeur sur chaque appareil sont donnés en Annexe D.

9.2 Conditions d'essais

Le DD est monté individuellement, selon les instructions du constructeur, et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement, et est protégé contre des variations de températures exagérées.

Les DD prévus pour être installés dans des enveloppes individuelles sont essayés dans la plus petite des enveloppes spécifiées par le constructeur.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour n'accepter qu'un seul dispositif.

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, le DD est équipé des conducteurs appropriés de sections S spécifiées au Tableau 13 et fixé sur un panneau de contre-plaqué peint en noir mat d'au moins 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation étant conforme aux exigences de montage recommandées par le constructeur.

Tableau 13 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés

Valeurs du courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 Pour les conducteurs AWG, voir Annexe ID.

En l'absence de spécifications sur les tolérances, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles qui sont spécifiées dans la présente norme. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée ± 5 %.

Pendant les essais, l'entretien et le démontage des échantillons ne sont pas autorisés.

Pour les essais des 9.8, 9.9, 9.10, 9.22.2 et 9.23, le DD est connecté comme suit:

- les connexions sont faites au moyen de conducteurs à âme massive en cuivre, isolés au PVC;
- les connexions sont à l'air libre et leur écartement ne doit pas être inférieur à la distance entre les bornes;
- la longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de
 - 1 m pour les sections inférieures ou égales à 10 mm²,
 - 2 m pour les sections supérieures à 10 mm².

Les couples de serrage qui doivent être appliqués aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés au Tableau 14.

Dans le cas de DD à opération manuelle dépendante, le disjoncteur différentiel doit être manœuvré avec une vitesse de manoeuvre, pendant sa mise en oeuvre pour les essais de 9.10 et de 9.12 de $0,1 \text{ m/s} \pm 25$ %. Cette vitesse est mesurée quand et où l'organe de manoeuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manoeuvre du disjoncteur. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manoeuvre du DD en essai.

NOTE 3 Au Japon, à la demande du fabricant, la vitesse de manoeuvre du disjoncteur différentiel peut différer pour les essais en 9.10 et 9.12.

9.3 Vérification de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et pendant 15 s encore avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, température d'ébullition finale d'environ 69 °C et de masse spécifique de 0,68 g/cm³).

Le marquage par empreinte, moulage ou gravure n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Après la totalité des essais de la présente norme, le marquage doit aussi être facilement lisible.

Il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.

9.4 Vérification de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité avec les exigences du 8.1.4 est vérifiée par examen et pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors de la connexion du DD par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- 5 fois dans les autres cas.

Les vis ou écrous s'engageant dans un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'un tournevis d'essai ou d'une clef appropriée, en appliquant le couple indiqué au Tableau 14.

Les vis ou écrous ne doivent pas être serrés par un mouvement régulier et continu.

L'essai est effectué uniquement avec des conducteurs rigides ayant les sections les plus élevées spécifiées au Tableau 8, massif, ou câblé selon le cas le plus défavorable. Le conducteur est retiré chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré.

Tableau 14 – Diamètres des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

La colonne I s'applique aux vis sans tête si la vis, lorsqu'elle est serrée, ne dépasse pas du trou, et les autres vis qui ne peuvent être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et aux écrous qui sont serrés par d'autres moyens qu'un tournevis.

Lorsqu'une vis est à tête hexagonale fendue et peut être serrée à l'aide d'un tournevis et que les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en

appliquant à la tête hexagonale le couple spécifié à la colonne III puis en appliquant sur un autre échantillon le couple spécifié à la colonne II au moyen d'un tournevis. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas prendre de jeu et on ne doit constater aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur du DD.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Vérification de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre

La conformité avec les exigences du 8.1.5 est vérifiée par examen, par l'essai du 9.4, un conducteur rigide de la plus grande section spécifiée au Tableau 8 étant placé dans la borne (pour les sections nominales supérieures à 6 mm², on utilise un conducteur rigide câblé, pour les autres sections, un conducteur massif), et par les essais des 9.5.1, 9.5.2 et 9.5.3.

Ces derniers essais sont effectués à l'aide d'un tournevis ou d'une clef d'essai appropriée en appliquant un couple comme indiqué au Tableau 14.

~~9.5.1 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées au Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas qui est le plus défavorable.~~

~~Le conducteur est inséré dans la borne à la distance minimale prescrite ou si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement du brin.~~

~~Les vis de serrage sont alors serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.~~

~~Chaque conducteur est alors soumis à une traction dont la valeur est indiquée au Tableau 15.~~

~~Cette traction est appliquée par un mouvement régulier et continu, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du logement du conducteur.~~

Tableau 15 — Forces de traction

Section du conducteur acceptée par la borne mm ²	Jusqu'à 4	Jusqu'à 6	Jusqu'à 10	Jusqu'à 16	Jusqu'à 50
Traction N	50	60	80	90	100

~~Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas bouger de façon appréciable dans la borne.~~

~~Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs, câblés ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées au Tableau 8.~~

~~Les bornes doivent être appropriées à tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf indication contraire du fabricant.~~

~~Les bornes doivent être testées avec la section minimale et maximale de chaque type de conducteurs sur les nouvelles bornes comme suit:~~

- ~~– Les essais pour conducteurs massifs doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 6 mm², le cas échéant;~~

- Les essais pour conducteurs câblés doivent utiliser des conducteurs de section 1,5 mm² à 50 mm², le cas échéant;
- Les essais pour conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 35 mm², le cas échéant.

NOTE Une information sur les AWG est donnée à l'Annexe ID.

Le conducteur est inséré dans une nouvelle borne à la distance minimale prescrite ou si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement du brin.

Les vis de serrage sont alors serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction de la valeur, en Newton, indiquée au Tableau 15, en fonction de la section correspondante du conducteur testé.

La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe de l'espace du conducteur.

Lorsqu'il est nécessaire, les valeurs d'essai, pour les différentes sections de la force de traction concernée, doivent être clairement indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 15 – Forces de traction

Section du conducteur inséré dans la borne mm ²	Au-dessus de 1 et jusqu'à 4 inclus	Au-dessus de 4 et jusqu'au à 6 inclus	Au-dessus de 6 et jusqu'au à 10 inclus	Au-dessus de 10 et jusqu'au à 16 inclus	Au-dessus de 16 et jusqu'au à 50 inclus
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas bouger de façon appréciable dans la borne.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées au Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas qui est le plus défavorable et les vis des bornes sont serrées, avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Les vis des bornes sont alors desserrées et on examine la partie du conducteur qui peut avoir été affectée par la borne.

Les conducteurs ne doivent pas montrer de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de façon majeure s'ils laissent apparaître des empreintes profondes ou des entailles.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas prendre de jeu et on ne doit constater aucun dommage tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers qui nuiraient à l'usage ultérieur de la borne.

9.5.3 ~~Les bornes sont munies d'un conducteur câblé rigide en cuivre dont la composition est indiquée au Tableau 16.~~ Les bornes sont munies de la plus grande section indiquée au Tableau 8 pour le conducteur en cuivre câblé et/ou souple.

Tableau 16 — Dimensions du conducteur

Plage de sections nominales à serrer mm ^a	Conducteur câblé	
	Nombre de fils	Diamètre des fils mm
1,0 à 2,5 ^a	7	0,67
1,0 à 4,0 ^a	7	0,85
1,5 à 6,0 ^a	7	1,04
2,5 à 10,0	7	1,35
4,0 à 16,0	7	1,70
10,0 à 25,0	7	2,14
16,0 à 35,0	19	1,53
25,0 à 50,0	19	1,83

^a L'essai n'est pas effectué si la borne est prévue pour serrer seulement des conducteurs massifs (voir la note du Tableau 8).

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement d'un brin. La vis ou l'écrou de serrage est alors serré avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé en dehors de la borne.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence est applicable aux parties des DD qui sont accessibles à l'utilisateur quand ils sont montés comme en usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'épreuve normalisé de la Figure 3 sur le DD monté comme en usage normal (voir note du 8.2) et équipé de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section qui peuvent être connectés au DD.

Le doigt d'épreuve normalisé doit être conçu de façon telle que chacune des sections puisse être tournée d'un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'épreuve est appliqué dans toutes les positions possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour montrer un contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact, la tension étant d'au moins 40 V. Le doigt d'épreuve ne doit pas toucher de parties actives.

Les DD avec enveloppes ou capots en matériau thermoplastique sont soumis à l'essai additionnel suivant, qui est effectué à une température ambiante de 35 °C ± 2 °C, les DD étant à cette température.

Les DD sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'épreuve rigide de mêmes dimensions que le doigt d'épreuve normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les endroits où un excès de souplesse du matériau isolant pourrait compromettre la sécurité du DD; il n'est pas appliqué aux parois minces défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou capots ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties sous tension puissent être touchées avec le doigt d'épreuve rigide.

Les DD ouverts ayant des parties non prévues pour être couvertes par une enveloppe sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique, et montés comme en usage normal.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du DD pour les essais

Les parties qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont retirées et soumises au traitement d'humidité avec la partie principale, les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les entrées de câbles, s'il en existe, sont laissées ouvertes; s'il existe des entrées défonçables, l'une d'elles est défoncée.

9.7.1.2 Conditions d'essai

Le traitement d'humidité est effectué dans une enceinte humide dont l'air a une humidité relative maintenue entre 91 % et 95 %.

La température de l'air, à tous les endroits où l'échantillon est placé, est maintenue à ± 1 °C près à une valeur quelconque convenable T comprise entre 20 °C et 30 °C.

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre la température T °C et T °C + 4 °C.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE 1 On peut obtenir une humidité relative comprise entre 91 % et 95 % en plaçant dans l'enceinte humide une solution saturée d'eau et de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3), présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande.

NOTE 2 Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer la circulation permanente de l'air et, en général, d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.1.4 Etat du DD après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme et doit satisfaire aux essais des 9.7.2, ~~et~~ 9.7.3, 9.7.4, 9.7.6 et 9.7.7.2 (si applicable).

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal

Le DD ayant été traité comme spécifié au 9.7.1, il est ensuite retiré de l'enceinte humide.

Après une période de repos comprise entre 30 min et 60 min après le traitement, on mesure la résistance d'isolement 5 s après avoir appliqué une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre suivant:

- le DD étant en position d'ouverture, successivement sur chaque pôle entre chaque paire de bornes qui sont électriquement reliées ensemble lorsque le DD est en position de fermeture;
- le DD étant en position de fermeture successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux, les composants électroniques raccordés entre les voies de courant étant déconnectés pour cet essai;
- le DD étant en position de fermeture, entre toutes les bornes reliées entre elles et la masse, y compris une feuille métallique ~~ou une partie~~ en contact avec la surface extérieure de l'enveloppe ~~interne en du matériau isolant, s'il y a lieu mais avec les zones des bornes laissées complètement libres pour éviter la production d'amorçage entre les bornes et la feuille métallique;~~

d) entre les parties métalliques du mécanisme et la masse;

NOTE Un accès aux parties métalliques du mécanisme peut être spécialement prévu pour cette mesure.

e) pour les DD sous enveloppe métallique avec revêtement intérieur en matière isolante entre la masse et une feuille de métal en contact avec la surface intérieure du revêtement intérieur en matière isolante, s'il y a lieu, y compris les manchons et les dispositifs analogues.

Les mesures a), b et c) sont effectuées après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Le terme «masse» comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille de métal en contact avec les surfaces en matière isolante qui sont accessibles après installation dans les conditions normales d'emploi;
- la surface sur laquelle la base du DD est montée, revêtue si nécessaire, d'une feuille métallique;
- les vis et autres dispositifs pour la fixation de la base sur son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées pour le montage du DD;
- les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées au 8.2.

Si le DD est muni d'une borne destinée à l'interconnexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures relatives aux points b), c), d) et e), la feuille métallique est appliquée de façon telle que la matière de remplissage s'il en existe, soit effectivement essayée.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 MΩ pour les mesures relatives aux points a) et b);
- 5 MΩ pour les autres mesures.

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Après que le DD a satisfait aux essais du 9.7.2, on applique la tension d'essai spécifiée pendant 1 min entre les parties indiquées au 9.7.2, les composants électroniques, s'il y a lieu, étant déconnectés pour l'essai.

La tension d'essai doit être de forme pratiquement sinusoïdale et sa fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source du courant d'essai doit pouvoir fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun déclencheur à maximum de courant ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être les suivantes:

- 2 000 V pour les points a) à d) du 9.7.2.
- 2 500 V pour le point e) du 9.7.2.

On commence par appliquer une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur prescrite, puis on l'élève en moins de 5 s à la pleine valeur.

Il ne doit se produire ni contournement ni perforation pendant l'essai.

Il n'est pas tenu compte des décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension.

9.7.4 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

- a) Les mesures de résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement et de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.

Si en service normal, des composants électroniques sont connectés au circuit principal, les connexions temporaires doivent être faites de façon que, pendant les essais, aucune tension n'apparaisse entre les entrées et les sorties de ces composants.

- b) Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:
- entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et la masse;
 - lorsque cela est possible, entre chaque partie du circuit auxiliaire pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble, à une tension continue de 500 V environ, après que la tension a été appliquée pendant 1min.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) Une tension sensiblement sinusoïdale, à la fréquence assignée, est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).

Les valeurs de tension à utiliser sont indiquées dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires

Tension assignée du ou des circuits auxiliaires (alternative ou continue) V		Tension d'essai V
Supérieure à	Jusqu'à et y compris	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la tension spécifiée. Elle est ensuite augmentée de façon continue jusqu'à sa pleine valeur en un temps qui ne doit pas être inférieur à 5 s ni supérieur à 20 s.

Pendant l'essai, aucune perforation ni contournement ne doit apparaître.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension ne sont pas notées.

NOTE 2 Dans le cas de DD où le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais doivent être faits sur des échantillons spécialement préparés par le constructeur ou selon ses instructions.

NOTE 3 Les circuits auxiliaires ne comprennent pas le circuit de commande des DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation.

NOTE 4 Les circuits de commande autres que ceux du circuit secondaire des transformateurs de détection et des circuits de commande connectés au circuit principal sont soumis aux mêmes essais que les circuits auxiliaires.

9.7.5 Circuit secondaire des transformateurs de détection

Le circuit qui comprend le circuit secondaire d'un transformateur de détection n'est soumis à aucun essai pour autant qu'il n'est pas relié à une masse, à un conducteur de protection ou à des parties actives.

9.7.6 Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement

L'essai est effectué sur un DD fixé sur un support métallique, en position fermée, tous les circuits de commande étant connectés comme en service.

On utilise une source à une tension continue ayant les caractéristiques suivantes:

- tension à vide: 600 V^{+25}_0

NOTE Cette valeur est provisoire.

- taux d'ondulation maximal: 5 %
où

$$\text{taux d'ondulation (\%)} = \frac{\text{valeur max.} - \text{valeur moy.}}{\text{valeur moy.}} \times 100$$

- courant de court-circuit: 12 mA^{+2}_0

Chaque pôle est essayé tour à tour pendant 1 min, les autres pôles étant connectés au châssis.

Après ce traitement, le DD doit être capable de satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c).

9.7.7 Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts

9.7.7.1 ~~Vérification de la tenue aux tensions de choc à travers les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)~~ Procédure d'essai général de la tenue aux tensions de choc

~~L'essai est effectué sur un DD fixé sur un support métallique comme en usage normal.~~

~~Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de $1,2 \mu\text{s}$, et un temps à mi-hauteur de $50 \mu\text{s}$, les tolérances étant les suivantes:~~

- ~~$\pm 5 \%$ pour la valeur crête;~~
- ~~$\pm 30 \%$ pour le temps de montée;~~
- ~~$\pm 20 \%$ pour le temps à mi-hauteur.~~

~~L'impédance de l'appareil d'essai doit avoir une valeur nominale de 500Ω .~~

~~La forme des ondes de choc est ajustée, le DD en essai étant raccordé au générateur de tension. A cet effet, des diviseurs de tension appropriés et un détecteur de tension doivent être utilisés.~~

~~De petites oscillations sont admises dans les ondes de choc, sous réserve que leur amplitude près de la crête de l'onde de choc soit inférieure à 5% de la valeur crête.~~

~~Pour les oscillations de la première moitié du front, des amplitudes allant jusqu'à 10% de la valeur crête sont admises.~~

~~L'onde de tension $1,2/50 \mu\text{s}$ selon la Figure 6 de la CEI 60060 1:1989 est appliquée entre les bornes d'alimentation raccordées entre elles et les bornes de sortie raccordées entre elles, les contacts étant en position ouverte.~~

~~Trois ondes de choc positives et trois ondes de choc négatives sont appliquées, l'intervalle entre deux ondes consécutives étant au moins de 1 s pour les ondes de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.~~

~~Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 18 en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DD donnée au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 18.~~

~~Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.~~

Tableau 18 — Tension d'essai à travers les contacts ouverts en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$				
	kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3
4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de 1,2 μ s, et un temps à mi-hauteur de 50 μ s, les tolérances étant les suivantes:

- ± 5 % pour la valeur crête;
- ± 30 % pour le temps de montée;
- ± 20 % pour le temps de mi-hauteur.

Pour chaque essai, cinq ondes de choc positives et cinq ondes de choc négatives sont appliquées, l'intervalle entre les ondes consécutives étant d'au moins 1 s pour les ondes de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.

Lorsque l'essai de tension de choc est effectué sur le DD complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il faut s'assurer que la valeur requise de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement en essai.

L'impédance de l'appareil d'essai ne doit pas avoir une valeur nominale supérieure à 500 Ω

NOTE 1 Dans 9.7.7.2, pour la vérification des distances d'isolement dans l'isolation principale sur un DD complet, une très faible impédance du générateur est nécessaire pour l'essai. A cet effet, un générateur hybride avec une impédance virtuelle de 2 Ω est approprié si les composants internes ne sont pas déconnectés avant l'essai. Cependant, dans tous les cas, une mesure de la tension d'essai correcte directement à la distance d'isolement est nécessaire.

La forme des ondes de choc est ajustée, le DD en essai étant raccordé au générateur de tension. A cet effet, des diviseurs de tension appropriés et un détecteur de tension doivent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les composants de protection contre les surtensions avant de l'essai.

NOTE 2 Pour les DD avec parafoudre incorporé qui ne peut pas être déconnecté, la forme des ondes est ajustée sans connexion du DD au générateur de tension.

De petites oscillations sont admises dans les ondes de choc, sous réserve que leur amplitude près de la crête de l'onde de choc soit inférieure à 5 % de la valeur crête.

Pour les oscillations de la première moitié du front, des amplitudes allant jusqu'à 10 % de la valeur crête sont admises.

Aucune décharge disruptive (amorçage, contournement ou perforation) ne doit apparaître pendant l'essai.

NOTE 3 L'utilisation d'un oscilloscope est recommandée pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.7.2 ~~Vérification de la tenue aux tensions de choc pour les parties non essayées en 9.7.7.1~~ **Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc**

~~L'essai est effectué sur un DD en position fermée, fixé sur un support métallique.~~

~~Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de 1,2 μ s et un temps à mi-hauteur de 50 μ s, les tolérances étant les suivantes:~~

- ~~± 5 % pour la valeur crête;~~
- ~~± 30 % pour le temps de montée;~~
- ~~± 20 % pour le temps à mi-hauteur.~~

~~La valeur nominale de l'impédance d'onde de l'appareillage d'essai doit être de 500 Ω .~~

~~La forme des ondes de choc est ajustée, le DD en essai étant raccordé au générateur de tension. A cet effet, des diviseurs de tension appropriés et un détecteur de tension doivent être utilisés.~~

NOTE 1—~~Pour les DD avec parafoudre incorporé, la forme des ondes de choc est réglée sans connecter le DD à l'appareil générateur d'impulsions.~~

~~De petites oscillations sont admises dans les ondes de choc, sous réserve que leur amplitude près de la crête de l'onde de choc soit inférieure à 5 % de la valeur crête.~~

~~Pour les oscillations de la première moitié du front, des amplitudes allant jusqu'à 10 % de la valeur crête sont admises.~~

~~Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre le pôle ou les pôles de phase connectés entre eux et le cas échéant, le pôle ou chemin neutre du DD.~~

~~Une seconde série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu, et le ou les pôles de phase et le pôle ou chemin neutre, connectés entre eux.~~

~~Dans les deux cas, trois ondes de choc positives et trois ondes de choc négatives sont appliquées, l'intervalle entre deux ondes consécutives étant de 1 s au moins pour les ondes de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.~~

~~Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 19 en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DD donnée au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués selon le Tableau 19.~~

~~Aucun contournement et aucune décharge disruptive non intentionnelle ne doivent apparaître pendant l'essai. Si, toutefois, une seule charge disruptive non intentionnelle apparaissait, six chocs supplémentaires ayant la même polarité que celui qui a causé la décharge disruptive~~

~~seraient appliqués, les connexions étant les mêmes que celles avec lesquelles le défaut est apparu.~~

~~Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.~~

~~NOTE 2—L'expression «décharge disruptive non intentionnelle» est utilisée pour couvrir les phénomènes associés avec le défaut d'isolation sous contrainte électrique qui comprennent une chute de tension et le passage d'un courant.~~

Si la mesure des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 7 et les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) montrent une réduction de la longueur requise, le présent essai s'applique. Cet essai est effectué immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement du 9.7.4.

NOTE La mesure des distances d'isolement peut être remplacée par cet essai.

L'essai est effectué sur un DD en position fermée, fixé sur un support métallique.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 19 en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DD donnée au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués selon le Tableau 19.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux,
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connecté entre eux,
- et le pôle ou chemin du neutre du DD, le cas échéant.

Une troisième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) et non essayés au cours des deux premières séquences décrites ci-dessus.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si, toutefois, une seule décharge disruptive non intentionnelle apparaissait, dix chocs supplémentaires ayant la même polarité que celui qui a causé la décharge disruptive seraient appliqués, les connexions étant les mêmes que celles avec lesquelles le défaut est apparu.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

**Tableau 19 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue
aux tensions de choc ~~pour les parties non essayées en 9.7.7.1~~**

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$				
	kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

Chaque pôle des DD ayant été soumis à un des essais applicables de ~~9.12.11.2~~ 9.12.11.2.1, 9.12.11.2.2, ~~ou~~ 9.12.11.3, ~~ou~~ 9.12.11.4 a), ~~ou~~ 9.12.11.4 b), ~~ou~~ 9.12.11.4 c) est alimenté à une tension égale à 1,1 fois sa tension de fonctionnement assignée, le DD étant en position ouverte.

Le courant de fuite entre les contacts ouverts est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.7.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal

9.7.7.4.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit au 9.7.1.

NOTE Les essais en 9.7.7.4, comme indiqués dans les exigences du 8.1.3, sont à effectuer avant 9.7.1 sur trois échantillons de la séquence d'essai B.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 28, en accord avec la tension assignée de l'installation pour laquelle le DD est destiné à être utilisé comme donné au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 28.

Tableau 28 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement

Tension nominale de l'installation V	Tension d'essai en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$ kV				
Système monophasé avec point milieu à la terre 120/240 a)	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Système monophasé 120/240 240 b)	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Systèmes triphasés 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
a) Pour les habitudes d'installation au Japon.					
b) Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.					

9.7.7.4.2 DD en position ouverte

La série d'essais est effectuée sur un DD fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes d'alimentation raccordées entre elles;
- et les bornes de sortie raccordées entre elles, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.

9.7.7.4.3 DD en position fermée

La série d'essais est effectuée sur un DD fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position fermée.

Tous les composants reliant l'isolation principale doivent être déconnectés.

NOTE Si nécessaire, des échantillons séparés peuvent être préparés par le constructeur.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connecté entre eux;
- et le pôle ou chemin du neutre du DD.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si, toutefois, une seule décharge disruptive non intentionnelle apparaissait, dix impulsions supplémentaires ayant la même polarité que celle qui a causé la décharge disruptive seraient appliquées, les connexions étant les mêmes que celles avec lesquelles le défaut est apparu.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

Par la suite, un nouvel échantillon est essayé conformément à 9.7.7.5.

9.7.7.5 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Un nouvel échantillon de DD est essayé afin de vérifier que les composants reliant l'isolation principale ne réduisent pas la sécurité à l'égard de surtensions temporaires de courte durée.

NOTE 1 Il est nécessaire de s'assurer que les composants, reliant l'isolation principale et ayant été déconnectés pendant l'essai de tension de choc pour tester l'isolation principale, ne gênent pas le comportement ou la sécurité de l'isolation principale de l'appareil pendant l'usage normal.

La tension d'essai a une fréquence de 50/60 Hz. Conformément à la CEI 60364-4-44:2007, Tableau 44.A2, et à la CEI 60664-1, la valeur efficace de la tension d'essai pour l'isolation principale est de $1\,200\text{ V} + U_0$. U_0 est la valeur de tension nominale entre la ligne et le neutre.

NOTE 2 L'essai est exécuté seulement sur le DD, où les composants reliant l'insulation principale doivent être déconnectés pendant l'essai des impulsions de 9.7.7.4.3.

NOTE 3 A titre d'exemple, pour un DD avec une tension nominale $U_0 = 250\text{ V}$, la valeur de la tension d'essai (courant alternatif) pour l'isolation principale est $1200\text{ V} + 250\text{ V}$, donc la valeur efficace de la tension d'essai est 1450 V .

La tension est appliquée pendant 5 s entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

L'appareil est ensuite inspecté visuellement, aucun élément reliant l'isolation principale ne devant montrer d'altération visible.

NOTE 4 Il est admis de remplacer un fusible avant de connecter l'appareil au secteur. Si un fusible assurant la protection d'un parafoudre a sauté, il est admis de remplacer également le parafoudre.

Ensuite, l'appareil est raccordé au secteur, conformément aux instructions du fabricant. Selon les conditions de 9.9.1.2 c) le DD doit satisfaire au essai de courant à $1,25\text{ I}_{\Delta n}$. Un essai est effectué uniquement sur un pôle, pris au hasard, sans mesure de temps de fonctionnement.

Cet essai ne s'applique pas aux dispositifs avec neutre solide.

9.8 Essais d'échauffement

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples disposés symétriquement autour du DD à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du DD.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

NOTE Il convient de prendre garde aux brusques variations de température de façon à éviter les erreurs.

9.8.2 Procédure d'essai

On fait passer un courant égal à I_n simultanément par tous les pôles du DD pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique. En pratique, cette condition est atteinte quand la variation de température ne dépasse pas 1 K par heure.

Pour les DD tétrapolaires, on effectue l'essai d'abord en faisant passer le courant par les trois pôles de phase seulement.

On répète ensuite l'essai en faisant passer le courant par le pôle destiné à être connecté au neutre et le pôle adjacent au neutre.

Pendant l'essai, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 9.

9.8.3 Mesure de la température des différentes parties

La température des différentes parties spécifiées au Tableau 9 doit être mesurée au moyen de couples thermoélectriques à fils fins ou moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud accessible.

On doit assurer une bonne conductivité thermique entre le couple thermoélectrique et la surface de la partie en essai.

9.8.4 Echauffement d'un élément

L'échauffement d'un élément est la différence entre la température de cet élément mesurée conformément au 9.8.3, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément au 9.8.1.

9.9 Vérification de la caractéristique de fonctionnement

9.9.1 Vérification des caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courants différentiels résiduels

9.9.1.1 Circuit d'essai et modalités d'essai

Le DD est installé comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable ~~et correspondre à la Figure 4~~. Pour les essais conformément au 9.9.1.2, le circuit d'essai doit correspondre à la Figure 4. Pour les essais conformément au 9.9.1.3, le circuit d'essai doit correspondre à la Figure 5 ou 6, le cas échéant.

~~Les appareils pour la mesure du courant différentiel doivent être au moins de la classe 0,5 et doivent donner (ou permettre de déterminer) la valeur efficace vraie des valeurs mesurées.~~

~~Les appareils servant à la mesure du temps doivent donner une erreur relative maximale sur la mesure n'excédant pas 10 % de la valeur mesurée.~~

Les appareils pour la mesure du courant différentiel doivent afficher (ou permettre de déterminer) la vraie valeur efficace.

NOTE L'information sur l'instrument de mesure est disponible à l'adresse internet suivante (en anglais):

http://www.iecee.org/ctl/sheet/pdf/CTL%20DSH%20251B%20Beijing%202009_05_15.pdf

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à vide à une température de référence de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Le DD doit être soumis aux essais du 9.9.1.2, 9.9.1.3 et 9.9.1.4, le cas échéant. Chaque essai est effectué sur un seul pôle pris au hasard, avec cinq mesures du temps, sauf indications contraire.

Pour les DD ayant plus d'une fréquence assignée, les essais doivent être effectués à la fréquence la plus basse et à la fréquence la plus élevée, exception faite pour l'essai du 9.9.1.2 e) où la vérification est faite à une seule fréquence.

Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel les essais doivent être faits pour chaque réglage.

9.9.1.2 Essais à vide avec des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux à la température de référence de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ **Essais pour tous les DD**

~~Le DD doit satisfaire aux essais de 9.9.1.2 a), 9.9.1.2 b), 9.9.1.2 c) (chacun comportant cinq mesures) et 9.9.1.2 d), qui sont effectués respectivement sur un seul pôle pris au hasard.~~

~~Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel les essais sont faits pour chaque réglage.~~

Les conditions d'essais conformes au 9.9.1.1 s'appliquent à tous les DD.

a) Vérification du fonctionnement correct en cas de croissance régulière du courant différentiel ~~croissant régulièrement~~

Les interrupteurs d'essais S_1 et S_2 et le DD en essai étant fermés, on fait croître progressivement le courant différentiel, à partir d'une valeur au plus égale à $0,2 I_{\Delta n}$ jusqu'à essayer d'atteindre $I_{\Delta n}$ en moins de 30 s, le courant de déclenchement étant mesuré chaque fois.

Les cinq valeurs mesurées doivent être comprises entre $I_{\Delta n0}$ et $I_{\Delta n}$.

b) Vérification du fonctionnement correct en cas de fermeture sur courant différentiel

Le circuit d'essai étant étalonné pour la valeur assignée du courant différentiel de fonctionnement $I_{\Delta n}$ et les interrupteurs d'essais S_1 et S_2 étant préalablement fermés, on établit le courant en fermant le DD de façon à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions de service. Cinq mesures du temps de fonctionnement sont effectuées. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée pour $I_{\Delta n}$ dans le Tableau 2, selon le type de DD.

c) Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un courant différentiel résiduel

1) Tous les types

Le circuit d'essai étant successivement étalonné aux à chaque valeurs de du courant différentiel résiduel spécifiées au Tableau 2, l'interrupteur d'essai S_2 et le DD étant en position fermée, la tension d'essai est établie brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S_1 .

Le DD doit déclencher ~~pendant~~ à chaque essai.

Cinq mesures du temps de fonctionnement sont effectuées à chaque valeur du courant ~~différentiel~~ résiduel.

Aucune de ces valeurs ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées ~~dans le~~ Tableau 2.

2) Essais ~~supplémentaires~~ pour les types S

Le circuit d'essai étant successivement étalonné aux valeurs de courant ~~différentiel~~ résiduel spécifiées au Tableau 2, l'interrupteur d'essai S_1 et le DD étant en position fermée, le courant différentiel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S_2 pendant des durées correspondant aux temps de ~~non-fonctionnement~~ non-réponse minimaux applicables avec une tolérance de $\begin{matrix} 0 \\ -5 \end{matrix} \%$.

Chaque application du courant ~~différentiel~~ résiduel doit être séparée de la précédente par un intervalle de temps d'au moins 1 min.

Le DD ne doit déclencher pendant aucun des essais.

~~Cinq mesures du temps de fonctionnement sont effectuées à chaque valeur du courant différentiel.~~

~~Aucune de ces valeurs ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées.~~

d) Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants résiduels pour des valeurs comprises entre $5 I_{\Delta n}$ et 500 A

Le circuit d'essai est calibré ~~à~~ aux deux valeurs convenables ~~d'essai~~ du courant résiduel sélectionnée au hasard entre 5 A et 200 A, ~~parmi les suivantes~~ 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

NOTE En Australie la mesure du temps de fonctionnement est faite à 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

Le courant résiduel est établi par fermeture soudaine de l'interrupteur d'essai S_2 , l'interrupteur S_1 et le DD étant fermés.

Le DD doit déclencher à chaque essai. Le temps de fonctionnement ne doit pas être supérieur aux ~~temps donnés~~ valeurs indiquées dans le Tableau 2.

L'essai est réalisé une fois pour chaque valeur de courant résiduel sur ~~un pôle~~ une borne seulement, ~~pris au hasard~~ choisie de manière aléatoire.

e) Vérification du fonctionnement correct, en charge

Les essais des 9.9.1.2 b) et 9.9.1.2 c) sont répétés, le DD étant chargé à son courant assigné.

Pour les essais du 9.9.1.2 c), l'interrupteur S_1 et le DD sont en position fermée. Le courant différentiel est établi en fermant S_2 .

f) Essais aux températures limites

Le DD doit satisfaire aux essais du 9.9.1.2 c) 1) successivement dans les conditions suivantes:

1) température ambiante $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, à vide;

2) température ambiante $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'appareil étant préalablement chargé au courant assigné, sous une tension convenable, jusqu'à l'obtention de l'équilibre thermique.

En pratique, ces conditions sont atteintes quand l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K par heure.

Pour les essais de déclenchement décrit en 2), le débit du courant assigné peut être interrompu, à condition que la période totale d'interruption ne dépasse pas les 30 s. Dès que le total des périodes d'interruption atteint 30 s, le DD doit être de nouveau chargé au courant assigné pendant 5 min avant la mesure suivante du temps de déclenchement.

NOTE Le préchauffage peut être fait à tension réduite à 50 Hz ou 60 Hz, mais les circuits auxiliaires doivent être alimentés à leur tension normale d'emploi (en particulier pour les composants dépendants de la tension d'alimentation).

9.9.1.3 Vérification du fonctionnement correct, ~~en charge, à la température de référence des courants différentiels avec composante continue~~

~~Les essais des 9.9.1.2 b) et 9.9.1.2 c) sont répétés, le DD étant chargé à son courant assigné comme en service normal pendant un temps suffisant pour que les conditions d'équilibre thermique soient atteintes.~~

~~Pour les essais du 9.9.1.2 c), l'interrupteur S_1 et le DD sont en position fermée. Le courant différentiel est établi en fermant S_2 .~~

~~En pratique, ces conditions sont atteintes quand l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K par heure.~~

~~Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel, les essais sont faits pour chaque réglage.~~

Ce paragraphe s'applique aux DD du type A sous les conditions d'essai du 9.9.1.1.

- a) Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un accroissement continu du courant différentiel continu pulsé

Les essais doivent être effectués en accord avec la Figure 5.

Les interrupteurs auxiliaires S_1 et S_2 et le DD doivent être fermés. Le thyristor approprié doit être commandé de telle façon que l'on puisse obtenir des angles de retard du courant α de 0° , 90° et 135° . Chaque pôle du DD doit être essayé deux fois pour chacun des angles de retard du courant pour la position I aussi bien que la position II de l'interrupteur auxiliaire S_3 .

A chaque essai le courant doit être augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement approximativement de $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n}$ est supérieur à 0,01 A et avec un taux d'accroissement de $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, à partir de zéro. Le courant de déclenchement doit être conforme aux valeurs du Tableau 26.

- b) Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'apparition soudaine de courants différentiels continus pulsés

Les DD doivent être essayés selon la Figure 5.

Le circuit étant étalonné successivement aux valeurs spécifiées ci-après, l'interrupteur auxiliaire S_1 et le DD étant en position fermée, le courant différentiel est brusquement établi en fermant l'interrupteur S_2 .

L'essai est effectué à chaque valeur du courant différentiel spécifié au Tableau 3, en accord avec le type de DD.

Deux mesures du temps de fonctionnement sont effectuées pour chaque valeur du courant résiduel avec un angle de retard $\alpha = 0^\circ$, l'interrupteur auxiliaire S_3 étant en position I pour la première mesure et en position II pour la seconde mesure.

Aucune mesure ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées.

- c) Vérification du fonctionnement correct, en charge

Les essais de 9.9.1.3 a) sont répétés, le pôle en essai et un autre pôle du DD étant chargés au courant assigné, ce courant étant établi peu de temps avant l'essai.

NOTE La mise en charge sous le courant assigné n'est pas indiquée à la Figure 5.

- d) Vérification du fonctionnement correct dans le cas de courant résiduel continu pulsé auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A

Le DD doit être essayé en accord avec la Figure 6 avec un courant de défaut redressé d'une demi-onde (angle de retard $\alpha = 0^\circ$) auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A.

Chaque pôle du DD est essayé deux fois successivement dans chacune des positions I et II.

Le courant I_1 , d'une demi-onde étant augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement approximativement de $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les

DD dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A et $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, le dispositif doit déclencher avant que ce courant I_1 d'une demi-onde atteigne une valeur maximale de $1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$ respectivement.

~~9.9.1.4 Essais aux températures limites~~

~~Le DD doit subir les essais spécifiés au 9.9.1.2 c) 1) successivement dans les conditions suivantes:~~

~~a) température ambiante: -5°C sans charge;~~

~~b) température ambiante: $+40^{\circ}\text{C}$, l'appareil étant préalablement chargé au courant assigné, sous une tension convenable, jusqu'à l'obtention de l'équilibre thermique.~~

~~En pratique ces conditions sont atteintes quand l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K par heure.~~

~~En cas de DD ayant plusieurs valeurs de courant différentiel, les essais sont faits pour chaque valeur.~~

~~NOTE Le préchauffage peut être fait à tension réduite, mais il convient que les circuits auxiliaires soient alimentés à leur tension normale d'emploi (en particulier pour les composants dépendants de la tension d'alimentation).~~

~~9.9.1.5~~ **9.9.1.4 Conditions d'essais particulières pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation**

Pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, chaque essai est effectué ~~aux~~ à chacune des valeurs suivantes de la tension d'alimentation, appliquée aux bornes correspondantes: 1,1 et 0,85 fois la valeur assignée de la tension d'alimentation.

9.9.2 Vérification de la caractéristique de fonctionnement dans des conditions de surintensité

Cet essai a pour but de vérifier la conformité du DD avec les exigences du 8.5.2.

9.9.2.1 Essai de la caractéristique temps-courant

a) On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid (voir Tableau 10), pendant le temps conventionnel (voir 8.5.2.1 et 8.5.2.2 a)) un courant égal à $1,13 I_n$ (valeur du courant conventionnel de non-déclenchement).

Le DD ne doit pas déclencher.

Le courant est ensuite augmenté de façon continue en 5 s au plus jusqu'à $1,45 I_n$ (valeur du courant conventionnel de déclenchement).

Le DD doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

b) On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid un courant égal à $2,55 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 1 s, ou supérieure à

- 60 s pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 32 A,
- 120 s pour des courants assignés supérieurs à 32 A.

9.9.2.2 Vérification du déclenchement instantané

a) Conditions générales d'essai

Pour les valeurs inférieures du courant d'essai indiquées, respectivement, dans les alinéas 9.9.2.2 b), 9.9.2.2 c) et 9.9.2.2 d), l'essai est effectué une fois, à toute tension convenable.

~~Pour les valeurs supérieures du courant d'essai, l'essai doit être effectué à la tension assignée U_n (phase neutre) avec un facteur de puissance compris entre 0,95 et 1.~~

~~La séquence de manœuvres est~~

O-t-CO-t-CO-t-CO

Pour les valeurs supérieures du courant d'essai, les deux essais suivants sont effectués:

- À toute tension convenable, une manœuvre d'ouverture sur chaque combinaison de deux pôles connectés en série est effectuée. Le temps de déclenchement est mesuré et doit être dans les limites du Tableau 10.
- A la tension assignée U_0 (phase et neutre) avec un facteur de puissance entre 0,95 et 1 séparément sur chaque pôle du DD, la séquence d'opération suivante est effectuée:

O-t-CO-t-CO-t-CO

l'intervalle de temps, t , étant celui spécifié en 9.12.11.1. Le temps de déclenchement est mesuré lors de la manœuvre O. Après chaque manœuvre, l'organe d'indication doit montrer la position ouverte des contacts.

b) Pour les DD du type B

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $3 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite, on applique à tous les pôles, en partant encore de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

c) Pour les DD du type C

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite on fait passer par tous les pôles, en partant encore de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

d) Pour les DD du type D

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite on fait passer par tous les pôles, et en partant encore de l'état froid, un courant égal à $20 I_n$ ou au courant de déclenchement instantané maximum (voir l'Article 6, point t).

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

9.9.2.3 Essai de l'effet de la température ambiante sur la caractéristique de déclenchement

La conformité est vérifiée par les essais suivants.

a) On place le DD à une température ambiante inférieure de (35 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.

On fait passer par tous les pôles, pendant le temps conventionnel, un courant égal à $1,13 I_n$ (valeur du courant conventionnel de non-déclenchement). On augmente ensuite de façon continue le courant en 5 s au plus, jusqu'à $1,9 I_n$.

Le DD doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

b) On place le DD à une température ambiante supérieure de (10 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.

On fait ensuite passer par tous les pôles un courant égal à I_n .

Le DD ne doit pas déclencher dans les limites du temps conventionnel.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Conditions générales de l'essai

Le DD est fixé sur un support métallique.

L'essai est effectué sous la tension d'emploi assignée et on règle le courant à la valeur du courant assigné au moyen de résistances et de bobines de réactance en série, connectées aux bornes aval.

Si l'on utilise des inductances sans fer, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par l'inductance est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si l'on utilise des inductances avec noyau de fer, les pertes de puissance de ces inductances ne doivent pas avoir d'influence appréciable sur la tension de rétablissement.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Le DD est raccordé au circuit par des conducteurs de dimensions indiquées au Tableau 13.

9.10.2 Procédure d'essais

Les DD sont soumis à 2 000 cycles de manœuvre, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le DD doit être manœuvré comme en usage normal.

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées de la façon suivante:

Pour les DD ayant un $I_{\Delta n} > 0,010$ A

- pour les 1 000 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- pour les 500 cycles de manœuvre suivants en agissant sur le dispositif d'essai;
- pour les 500 derniers cycles de manœuvre en faisant circuler un courant différentiel de fonctionnement à sa valeur $I_{\Delta n}$ dans un pôle.

Pour les DD ayant un $I_{\Delta n} \leq 0,010$ A

- pour les 500 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- pour les 750 cycles de manœuvre suivants en agissant sur le dispositif d'essai;
- pour les 750 derniers cycles de manœuvre en faisant circuler un courant différentiel de fonctionnement à sa valeur $I_{\Delta n}$ dans un pôle.

De plus le DD est soumis, sans charge, au moyen de l'organe de manœuvre à:

- 2 000 cycles de manœuvre sans charge pour les DD ayant un $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 cycles de manœuvre sans charge pour les DD ayant un $I_n > 25$ A.

La cadence de manœuvre est de:

- quatre cycles par minute pour les DD ayant un $I_n \leq 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s;
- deux cycles par minute pour les DD ayant un $I_n > 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s.

NOTE Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel, les essais sont faits au réglage le plus bas.

9.10.3 Etat du DD après les essais

Après les essais du 9.10.2, le DD ne doit pas présenter:

- d'usure anormale;

- de dommages à l'enveloppe permettant de toucher des parties actives avec le doigt d'épreuve normalisé;
- de desserrage de connexions électriques ou raccords mécaniques;
- d'écoulement de la matière de remplissage.

Le DD doit satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c) 1) mais seulement à $1,25 I_{\Delta n}$ sans mesure de temps de fonctionnement.

Le DD doit alors satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique comme spécifié au 9.7.3 pendant 1 min, mais à une tension de 900 V sans traitement préalable à l'humidité.

De plus, le DD doit satisfaire l'essai du 9.9.2.1 b).

9.11 Vérification du mécanisme à déclenchement libre

9.11.1 Conditions générales d'essai

Le DD est monté et équipé comme en usage normal.

Il est essayé dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est indiqué à la Figure 4.

9.11.2 Procédure d'essai

On fait passer un courant différentiel égal à $1,5 I_{\Delta n}$ en fermant l'interrupteur S_2 , le DD ayant été préalablement fermé et l'organe de manœuvre étant maintenu dans la position «fermé»: le DD doit déclencher.

Cet essai est répété en manœuvrant lentement l'organe de manœuvre du DD pendant environ 1 s jusqu'à la position où le courant commence à s'écouler. Le déclenchement doit s'effectuer sans autre mouvement de l'organe de manœuvre.

Les deux essais sont effectués trois fois, au moins une fois sur chaque pôle prévu pour être raccordé à une phase.

NOTE 1 Si le DD est muni de plus d'un organe de manœuvre, le fonctionnement en déclenchement libre est essayé dans toute position des organes de manœuvre.

NOTE 2 Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant résiduel de fonctionnement, les essais sont faits pour chaque réglage.

9.12 Essais de court-circuit

9.12.1 Conditions générales d'essai

Les conditions de 9.12.1 à 9.12.12 sont applicables à tous les essais afin de vérifier le comportement des DD dans des conditions de court-circuit. Toutefois, pour les essais au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné, des exigences supplémentaires sont données au 9.12.13.

NOTE Pour les DD ayant plusieurs réglages du courant résiduel de fonctionnement, les essais sont effectués avec le réglage le plus bas.

Les essais normalisés pour la vérification des performances en court-circuit consistent en une série d'ouvertures et de fermetures appropriées à la performance à vérifier et résumées dans le Tableau 20.

Tous les DD sont essayés:

- à 500 A ou $10 I_n$, selon la valeur la plus grande, suivant le 9.12.11.2 et le 9.12.12.1;
- à 1 500 A suivant le 9.12.11.3 et le 9.12.12.1;

- au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné (voir 5.2.7) suivant les 9.12.13.1 et 9.12.13.2.

Les DD de pouvoir de coupure assigné supérieur à 1 500 A sont de plus essayés:

- au pouvoir de coupure de service en court-circuit (voir 3.4.6.2) dans les conditions des 9.12.11.4 b) et 9.12.12.1; le pouvoir de coupure de service en court-circuit est obtenu en multipliant le pouvoir de coupure assigné par un facteur, k , dont la valeur figure au Tableau 22;
- au pouvoir de coupure assigné (voir 5.2.6) dans les conditions des 9.12.11.4 c) et 9.12.12.2, si le facteur k est inférieur à 1, auquel cas de nouveaux échantillons doivent être utilisés.

Tableau 20 – Liste des essais de court-circuit

Type d'essai	DD à essayer	Vérification selon le paragraphe
Essai aux courants de court-circuit réduits (9.12.11.2)	Tous les DD	9.12.12.1
Essai à 1 500 A (9.12.11.3)		
Essai au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné (9.12.13.1)		9.12.13.2
Essai au pouvoir de coupure de service (9.12.11.4 b))	DD ayant $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Essai au pouvoir de coupure assignée (9.12.11.4 c))		9.12.12.2

9.12.2 Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit

Les Figures 7, 8 et 9 à 12 donnent les diagrammes des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un DD unipolaire avec deux chemins de courant (Figure 8);
- un DD bipolaire (à un ou deux pôles protégés contre les surintensités) (Figure 9);
- un DD tripolaire (Figure 10);
- un DD tripolaire avec quatre chemins de courant (Figure 11);
- un DD tétrapolaire (Figure 12).

Les résistances et réactances des impédances Z , et Z_1 et Z_2 doivent pouvoir être ajustées pour satisfaire aux conditions d'essai spécifiées. Les bobines de réactance doivent de préférence être sans fer. Elles doivent toujours être connectées en série avec les résistances et leur valeur doit être obtenue par des couplages en série de bobines de réactance individuelles; la connexion en parallèle de bobines de réactance est autorisée si celles-ci ont pratiquement la même constante de temps.

Les caractéristiques de tension transitoire de rétablissement des circuits d'essais comportant des bobines de réactance sans fer n'étant pas représentatives des conditions de service normal, la bobine de réactance sans fer de chaque phase doit être shuntée par une résistance, $R_{\pm}$, absorbant approximativement 0,6 % du courant traversant la bobine (voir Figure 9). Si le fabricant est d'accord, cette résistance peut ne pas être utilisée.

Si des bobines de réactance avec noyau de fer sont utilisées, les pertes dues à la présence des noyaux en fer de ces bobines de réactance ne doivent pas dépasser les pertes qui seraient dues aux résistances connectées en parallèle avec les réactances sans fer.

Dans chaque circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure, les impédances Z sont insérées entre la source d'alimentation S et le disjoncteur en essai.

Quand les essais sont effectués avec des courants inférieurs au pouvoir de coupure assigné, les impédances additionnelles Z_1 doivent être insérées du côté aval du DD.

Pour les essais au pouvoir de coupure de service et au pouvoir de coupure différentiel assigné, le DD doit être raccordé à des câbles de 0,75 m de longueur par pôle et de section maximale correspondant au courant assigné, en conformité avec le Tableau 8.

NOTE Il est recommandé de connecter 0,5 m du côté amont et 0,25 m du côté aval du DD en essai.

L'interrupteur S_1 reste ouvert pendant tous les essais de court-circuit à l'exception des essais selon le 9.12.13.

Une résistance R_2 d'environ $0,5 \Omega$ est connectée en série avec un fil de cuivre, F, comme indiqué aux Figures 7 et 8 à 12 selon le cas.

Le fil de cuivre, F, doit avoir une longueur d'au moins 50 mm et

- 0,1 mm de diamètre pour les DD devant être essayés à l'air libre, montés sur un support métallique,
- 0,3 mm de diamètre pour les DD à essayer dans la plus petite enveloppe individuelle spécifiée par le fabricant.

Il doit y avoir un point et un seul du circuit d'essai raccordé directement à la terre; ce peut être la connexion de court-circuit du circuit d'essai ou le point neutre de la source ou tout autre point convenable. La manière dont est effectuée la mise à la terre doit être indiquée dans le compte rendu d'essai. Toutes les parties conductrices du DD normalement raccordées à la terre en service, y compris le support métallique, doivent être reliées au point neutre de la source ou à un neutre artificiel pratiquement non inductif.

Des résistances R_1 absorbant un courant de 10 A par phase sont connectées du côté amont du DD entre les impédances destinées à l'ajustement du courant présumé au pouvoir de coupure assigné et le DD.

~~Les capteurs de courant O_1 sont connectés du côté aval du DD.~~

Les capteurs de tension ~~O_2~~ sont connectés

- entre les bornes du pôle pour les DD unipolaires;
- entre les bornes d'alimentation pour les DD multipolaires.

Sauf indication contraire figurant dans le compte rendu d'essais, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, sont alimentés à la tension assignée (ou, s'il y a lieu, à la plus petite valeur de la plage de tensions assignées).

Le schéma du circuit d'essai doit être donné dans le compte rendu d'essai.

9.12.3 Valeur des grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de coupure assigné doivent être effectués aux valeurs indiquées par le constructeur, en accord avec les tableaux appropriés de la présente norme.

La valeur de la tension appliquée est celle qui est nécessaire pour produire la tension de rétablissement spécifiée à fréquence industrielle.

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle sur chaque phase doit être égale à une valeur correspondant à 105 % de la tension assignée du DD en essai.

NOTE La valeur de 105 % (± 5 %) de la tension assignée est destinée à couvrir les effets de variation du système de tension dans les conditions de service normal. La limite supérieure peut être augmentée, après accord du constructeur.

9.12.4 Tolérances sur les grandeurs d'essai

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les valeurs efficaces figurant dans le rapport d'essai diffèrent des valeurs spécifiées dans les limites suivantes:

- Courant: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$
- Fréquence: $\pm 5 \%$
- Facteur de puissance: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$
- Tension (y compris la tension de rétablissement): $\pm 5 \%$

9.12.5 Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé par une méthode reconnue, qui doit être indiquée dans le rapport d'essai. Deux exemples sont indiqués dans l'Annexe IA.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est pris égal à la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Les domaines des facteurs de puissance sont donnés au Tableau 21.

Tableau 21 – Domaines des facteurs de puissance pour le circuit d'essai

Courant d'essai I_{cc} A	Domaine correspondant des facteurs de puissance
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

9.12.6 Mesures et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p)

Pendant les essais des 9.12.11.2, 9.12.11.3 et 9.12.11.4 les valeurs de I^2t et de I_p doivent être mesurées.

Dans le cas des essais des DD dans des circuits triphasés, les valeurs de I^2t doivent être mesurées sur chaque pôle.

Les valeurs maximales de I^2t mesurées doivent être indiquées dans le rapport d'essai et ne doivent pas excéder les valeurs correspondantes de la caractéristique I^2t .

9.12.7 Etalonnage du circuit d'essai

9.12.7.1 Pour l'étalonnage du circuit d'essai, les liaisons G_1 et G_2 d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai sont connectées aux emplacements indiqués en Figures 7 et 8-à-12.

9.12.7.2 Pour obtenir un courant présumé égal au pouvoir de coupure assigné du DD au facteur de puissance correspondant indiqué au Tableau 21 des impédances Z sont insérées du côté amont des liaisons G_1 .

9.12.7.3 Pour obtenir un courant d'essai inférieur au pouvoir de coupure assigné du DD, des impédances supplémentaires Z_1 sont insérées du côté aval des liaisons G_2 , comme indiqué aux Figures 7 et 8-à-12.

9.12.7.4 Pour obtenir un courant présumé égal au pouvoir de coupure différentiel en court-circuit ~~du DD~~ avec un facteur de puissance correspondant à celui du Tableau 21, une impédance Z_2 est insérée comme indiqué en Figures ~~8 à 12~~ 7.

9.12.8 Interprétation des enregistrements

- a) Détermination de la tension appliquée et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle sont déterminées d'après l'enregistrement correspondant à l'essai de coupure effectué avec le DD en essai. La tension appliquée est évaluée comme indiqué en Figure 13.

La tension côté amont doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après que les phénomènes haute fréquence ont disparu.

- b) Détermination du courant de court-circuit présumé

La composante alternative du courant présumé est prise égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage (valeur correspondant à A_2 de la Figure 13).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.12.9 Etat du DD pour les essais

Les DD doivent être essayés à l'air libre en conformité avec le 9.12.9.1, sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation en enveloppes spécifiées par le constructeur ou s'ils sont prévus seulement pour l'utilisation en enveloppes individuelles, auquel cas ils doivent être essayés selon le 9.12.9.2 ou, avec l'agrément du constructeur, selon le 9.12.9.1.

NOTE Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour n'accepter qu'un seul appareillage.

On doit faire fonctionner le DD en simulant d'aussi près que possible la manœuvre manuelle.

Les DD de type enfichable, qui sont normalement montés sur un support isolant, sont essayés sur ce support, ce dernier étant fixé sur le support métallique.

9.12.9.1 Essai à l'air libre

Le DD à essayer est installé comme il est décrit dans la Figure C.1.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant prescrites dans l'Annexe C sont placées, comme il est décrit à la Figure C.1, seulement pour les manœuvres d'ouverture (O).

La(les) grille(s) spécifiée(s) à l'Annexe C doit (doivent) être placée(s) de telle sorte que le volume des gaz ionisés émis la (les) traverse. Elle(s) doit (doivent) être placée(s) dans la(les) position(s) la(les) plus défavorable(s).

NOTE 1 Si l'emplacement des orifices d'échappement d'arc n'est pas évident, il convient que le constructeur fournisse l'information appropriée.

Le ou les circuits de grille (voir Figure C.3) doit ou doivent être connecté(s) aux points B et C comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai des Figures 7 et 8.

Le ou les circuits de grille (voir Figure C.3) doit ou doivent être connecté(s) aux points B et C comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai des Figures 8 à 12.

La résistance R' doit avoir une valeur de $1,5 \Omega$. Le fil de cuivre F' (voir Figure C.3) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les DD de tension assignée 230 V ou un diamètre de 0,16 mm pour les DD de tension assignée 400 V.

NOTE 2 Les valeurs pour les autres tensions sont à l'étude.

Pour les courants d'essai inférieurs ou égaux à 1 500 A la distance «a» doit être de 35 mm.

Pour les courants d'essai plus élevés, et jusqu'à I_{cn} , la distance «a» peut être accrue et/ou des barrières supplémentaires ou des dispositifs d'isolation peuvent être introduits selon la déclaration du constructeur; si «a» est augmentée, elle est alors choisie dans la série 40 – 45 – 50 – 55 – ... mm et déclarée par le constructeur.

9.12.9.2 Essais en enveloppes

La grille et la barrière en matériau isolant décrites en Figure C.1 ne sont pas utilisées.

L'essai doit être exécuté avec le DD installé dans le boîtier qui a la disposition constructive la plus défavorable ~~et placé dans les conditions les plus défavorables.~~

NOTE Cela signifie que si des DD (ou d'autres appareils) sont normalement installés dans la ou les directions où la ou les grilles seraient placées, ils devraient y être installés. Ces appareils devraient être alimentés comme en usage normal, mais à travers F' et R' , comme défini en 9.12.9.1, et connectés comme décrit sur les Figures appropriées 7 et 8 ~~à 12~~.

En accord avec les instructions du constructeur, des barrières ou d'autres moyens ou des distances d'isolement appropriées peuvent être nécessaires pour empêcher les gaz ionisés d'affecter l'installation.

La feuille de polyéthylène décrite à l'Annexe C est placée, comme le montre la Figure C.1, à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations «O» seulement.

9.12.10 Comportement du DD pendant les essais de court-circuit

Pendant les essais, le DD ne doit pas mettre en danger l'opérateur.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre les pôles ou entre les pôles et la masse, ni fusion du fusible F et, s'il y a lieu, du fusible F' .

9.12.11 Procédure d'essai

9.12.11.1 Généralités

L'essai consiste en une séquence de manœuvres. Les symboles suivants sont utilisés pour définir cette séquence:

O représente une ouverture automatique;

CO représente une manœuvre de fermeture suivie d'une ouverture automatique;

t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives de court-circuit. Il doit être de 3 min ou d'une plus longue durée nécessaire pour le fonctionnement du déclencheur thermique, en vue de permettre le réenclenchement du DD.

La valeur réelle de t doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Après extinction de l'arc, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant une durée d'au moins 0,1 s.

Trois échantillons doivent être essayés pour chacun des essais de 9.12.11.2, 9.12.11.3 et 9.12.11.4.

9.12.11.2 Essais aux courants de court-circuit réduits

9.12.11.2.1 Essais sur tous les DD

Les impédances additionnelles Z_1 , (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 10 fois I_n selon la plus élevée de ces deux valeurs, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98.

~~Chacun des pôles~~ Chaque borne du DD protégé contre les surintensités est soumise séparément à un essai dans un circuit ~~similaire dont les connexions sont indiquées~~ à la Figure ~~8~~ 7, mais avec une impédance Z_1 connectée uniquement à la borne en essai, à une tension de 105 % de la tension assignée entre phase et neutre.

~~NOTE Pour DD bipolaires avec deux voies de courant, pour DD tripolaires avec trois voies de courant et pour DD tétrapolaires avec quatre voies de courant, un des pôles est relié dans le circuit d'essai de la Figure 8 au lieu du neutre non coupé.~~

On provoque l'ouverture automatique du DD, neuf fois le circuit étant fermé, six fois par l'interrupteur ~~auxiliaire A~~ T et trois fois par le DD lui-même.

La séquence de manœuvre doit être:

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

Pour l'essai, l'interrupteur ~~auxiliaire A~~ T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que les six points d'initiation pour les manœuvres d'ouverture soient également distribués sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Essai de court-circuit sur les DD pour vérifier leur aptitude à l'emploi en schémas IT

Cet essai est réalisé avec des échantillons à l'état neuf.

Les impédances additionnelles Z_1 (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 1,2 fois la limite supérieure de la plage normalisée des déclenchements instantanés donnée au Tableau 4, selon la plus élevée de ces deux valeurs, mais en ne dépassant pas 2 500 A, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98 et à une tension égale à 105 % de la tension assignée entre phases.

Selon le 5.3.7, le pôle marqué N, s'il existe, est testé avec un courant de 500 A ou 10 I_n selon la plus élevée de ces deux valeurs, et à une tension de 105 % de U_0 pour le pôle marqué N, s'il existe.

Pour les DD ayant une limite supérieure de déclenchement instantané dépassant 20 I_n , les impédances sont ajustées de façon à obtenir un courant égal à 1,2 fois la valeur de la limite supérieure de déclenchement instantané déclarée par le constructeur, sans tenir compte de la limite de 2 500 A.

Chacun pôle du DD est soumis séparément à un essai dans un circuit dont les connexions sont indiquées à la Figure ~~7~~ 8.

La séquence des opérations doit être

O – t – CO

Pour la manœuvre O sur le premier pôle protégé, l'interrupteur ~~auxiliaire~~ T est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme au point 0° de l'onde pour la manœuvre.

Pour les manœuvres O suivantes sur les autres pôles protégés à tester (voir l'Article C.2), ce point est décalé à chaque fois de 30° par rapport au point d'onde de l'essai précédent, avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

Les DD avec un neutre non coupé ne sont pas soumis à ce test.

NOTE Selon la CEI 60364-43, les dispositifs avec neutre non coupé ne peuvent évidemment pas être testés selon cet article.

9.12.11.3 Essai à 1 500 A

Pour les DD dont le pouvoir de coupure assigné est de 1 500 A, on étalonne le circuit d'essai selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.2 de façon à obtenir un courant présumé de 1 500 A et un facteur de puissance correspondant à ce courant selon le Tableau 21.

Pour les DD dont le pouvoir de coupure assigné est supérieur à 1 500 A, on étalonne le circuit selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.3 avec le facteur de puissance correspondant à 1 500 A selon le Tableau 21.

~~Les DD unipolaires sont essayés dans un circuit dont le schéma est donné en Figure 8.~~

~~Les DD bipolaires sont essayés dans un circuit dont le schéma est donné à la Figure 9, les deux pôles étant insérés dans le circuit, quel que soit le nombre de pôles protégés contre les surintensités.~~

~~Les DD tripolaires et les DD tétrapolaires à trois pôles protégés contre les surintensités sont essayés dans un circuit dont les schémas sont donnés respectivement en Figures 10, 11 et 12, selon le cas.~~

Les DD sont essayés sur un circuit selon la Figure 7.

Pour les DD tripolaires, avec trois chemins de courant, il n'est pas fait de connexion entre le neutre de l'alimentation et le point commun du côté aval du DD s'il existe.

Pour les DD tétrapolaires à trois pôles protégés contre les surintensités, le neutre de l'alimentation est connecté, par l'intermédiaire du pôle non protégé ou du pôle du neutre de sectionnement, au point commun du côté aval du DD.

Si le pôle neutre d'un DD tétrapolaire n'est pas marqué par le constructeur, les essais sont répétés avec trois nouveaux échantillons en utilisant successivement chaque pôle comme neutre.

Pour l'essai des DD unipolaires et bipolaires, l'interrupteur ~~auxiliaire A~~ T est synchronisé avec la courbe de tension de telle sorte que ses six points d'initiation pour les manœuvres d'ouverture soient également répartis sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

La séquence des manœuvres doit être comme spécifié au 9.12.11.2.1.

Pour les DD tripolaires et tétrapolaires, il est admis que les points soient pris au hasard sur l'onde.

9.12.11.4 Essai au-dessus de 1 500 A

- a) Rapport entre le pouvoir de coupure de service et le pouvoir de coupure assigné (facteur k)

Le rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit et le pouvoir de coupure assigné doit être en accord avec le Tableau 22.

Tableau 22 – Rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{cn}) – (facteur k)

I_{cn}	k
$\leq 6\,000\text{ A}$	1
$> 6\,000\text{ A}$ $\leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$> 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Valeur minimale de I_{cs} : 6 000 A.	
^b Valeur minimale de I_{cs} : 7 500 A.	

b) Essai au pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs})

- 1) Le circuit d'essai est étalonné comme indiqué aux 9.12.7.1 et 9.12.7.3 avec un facteur de puissance en accord avec le Tableau 21.

Si les bornes amont et aval du DD en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens et le troisième est connecté dans le sens inverse.

- 2) Pour les DD unipolaires et bipolaires, la séquence de manœuvre est:

O – t – O – t – CO

Pour les manœuvres «O» l'interrupteur ~~auxiliaire A T~~ est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme au point 0° de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 45° pour la seconde manœuvre «O» sur le premier échantillon; pour le second échantillon, les deux manœuvres «O» doivent être synchronisées à 15° et 60° et pour le troisième échantillon à 30° et 75°.

La tolérance de synchronisation doit être $\pm 5^\circ$.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 23.

Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD unipolaires et bipolaires

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

- 3) Pour les DD tripolaires et tétrapolaires, la séquence des manœuvres est:

O – t – CO – t – CO

Pour les manœuvres «O», l'interrupteur ~~auxiliaire A T~~ est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme à un point quelconque (x°) de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 60° pour la manœuvre «O» du second échantillon et encore de 60° pour la manœuvre «O» sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$. Le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation pour les différents échantillons.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 24.

Tableau 24 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD tripolaires et tétrapolaires

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

c) Essai au pouvoir de coupure assignée (I_{cn})

Le circuit d'essai est étalonné selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.2.

Si les bornes en aval des DD en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens, et le troisième échantillon est connecté dans le sens inverse.

La séquence de manœuvres est:

O – t – CO

Pour les manœuvres «O», l'interrupteur ~~auxiliaire A T~~ est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme au point 15° de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est alors décalé de 30° pour la manœuvre «O» sur le deuxième échantillon puis encore de 30° pour la manœuvre «O» sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$.

Pour les DD tri- et tétrapolaires, le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 25.

Tableau 25 – Procédure d'essai pour I_{cn}

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

9.12.12 Vérification du DD après les essais de court-circuit

9.12.12.1 Après chacun des essais selon 9.12.11.2 ou 9.12.11.3 ou 9.12.11.4 b), les DD ne doivent présenter aucune détérioration susceptible de compromettre leur emploi ultérieur, et être capables, sans entretien, de résister aux essais suivants:

- a) courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à 9.7.7.3;
- b) essai de rigidité diélectrique conforme à 9.7.3 réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit mais sous une tension de 500 V inférieure à la valeur prescrite et sans traitement préalable à l'humidité.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de 9.7.2, on doit vérifier que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «ouvert» et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées au point b) de 9.7.2, l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «fermé».

De plus, après les essais du 9.12.11.3 ou du 9.12.11.4 b) les DD ne doivent pas déclencher quand on fait passer un courant égal à 0,85 fois le courant conventionnel de non-déclenchement par tous les pôles, pendant le temps conventionnel, en partant de l'état froid.

A la fin de cette vérification, le courant est augmenté de façon régulière pour atteindre, en moins de 5 s 1,1 fois le courant conventionnel de déclenchement.

Les DD doivent déclencher dans les limites du temps conventionnel.

La feuille de polyéthylène ne doit pas présenter de trous visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

9.12.12.2 Après les essais de 9.12.11.4 c), la feuille de polyéthylène ne doit pas présenter de trous visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire, et le DD ne doit pas présenter de dommages susceptibles de nuire à leur usage ultérieur et doivent, sans entretien, satisfaire aux essais suivants:

- a) Courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à 9.7.7.3.
- b) Essai de rigidité diélectrique conforme à 9.7.3 réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit à une tension de 900 V et sans traitement préalable à l'humidité.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées en 9.7.2 a), on doit vérifier que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «ouvert» et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées en 9.7.2 b), l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «fermé».

- c) De plus, les DD doivent déclencher dans les limites de temps correspondant à l'essai c) du Tableau 10 si l'on fait passer par tous les pôles un courant égal à $2,8 I_n$, la limite inférieure de temps étant de 0,1 s au lieu de 1 s.

9.12.13 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude des DD à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit différentiels.

9.12.13.1 Procédure d'essai

Le DD doit être essayé selon les conditions d'essai spécifiées au 9.12.1 mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit soit un courant différentiel.

L'essai est effectué sur chaque pôle tour à tour à l'exclusion du pôle marqué N, s'il existe. Pour cet essai, l'impédance Z_1 ne doit pas être utilisée et le circuit doit être laissé ouvert.

Les voies de courant qui ne sont pas soumises au courant de court-circuit différentiel sont connectées à la tension d'alimentation à leurs bornes amont.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé durant l'essai.

Dans le cas des DD conformes au 4.1.2.1, pour que les opérations de coupure puissent être effectuées, il est nécessaire, soit de positionner ~~le dispositif A~~ l'interrupteur T établissant le court-circuit côté aval du DD, soit d'insérer un dispositif additionnel en aval pour établir le court-circuit.

La séquence d'essais suivante est appliquée:

$$O - t - CO - t - CO$$

Pour les trois manœuvres de coupure, l'interrupteur ~~auxiliaire A~~ T est synchronisé par rapport à l'onde de tension, de façon que le point d'initiation de l'arc soit $45^\circ \pm 5^\circ$.

Le même pôle doit servir de référence aux fins de synchronisation pour les différents échantillons.

9.12.13.2 Vérification du DD après l'essai au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel

Après l'essai effectué selon le 9.12.13.1, le DD ne doit présenter aucune détérioration susceptible de compromettre son emploi ultérieur et doit être capable, sans entretien, de

- satisfaire aux exigences du 9.7.3 mais à une tension égale à deux fois la tension assignée pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité, et
- établir et couper son courant assigné sous sa tension assignée.

Le DD D doit être capable de satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c), mais à $1,25 I_{\Delta n}$ et sans mesure du temps de fonctionnement. L'essai est fait sur un seul pôle, pris au hasard sans mesure du temps de fonctionnement.

La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

De plus, les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation doivent pouvoir satisfaire aux essais du 9.17, si applicable.

9.13 Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs

9.13.1 Secousses mécaniques

9.13.1.1 Appareil d'essai

Le DD est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté à la Figure 14. Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton et une plate-forme de bois B est articulée par charnière sur le socle A. Cette plate-forme porte une plaque de bois C qui peut être fixée à différentes distances de la charnière et dans deux positions verticales. L'extrémité de la plaque B porte sur une plaque de butée métallique D qui repose sur un ressort hélicoïdal ayant une constante de flexion de 25 N/mm.

Le DD est fixé sur la plaque verticale de façon telle que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et B soit de 180 mm, la plaque verticale étant à son tour fixée de façon que la distance entre la surface de fixation et la charnière soit de 200 mm comme l'indique la figure.

Sur C, à l'opposé de la surface de fixation du DD, une masse additionnelle est fixée de telle sorte que la force statique sur la plaque de butée métallique soit de 25 N afin d'être assuré que le moment d'inertie du système complet soit pratiquement constant.

9.13.1.2 Procédure d'essai

Le DD étant en position de fermeture, mais sans être relié à aucune source de courant, on soulève la plate-forme par son extrémité libre et on la laisse ensuite tomber 50 fois d'une hauteur de 40 mm, l'intervalle de temps entre les chutes successives étant tel que l'échantillon revienne au repos.

On fixe ensuite le DD sur le côté opposé de la plaque verticale C et on laisse de nouveau tomber la plate-forme 50 fois comme précédemment.

Après cet essai, on fait tourner la plate-forme verticale C de 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, on règle à nouveau sa position de façon que l'axe vertical de symétrie du DD soit à 200 mm de la charnière.

On laisse ensuite tomber B 50 fois comme précédemment, le DD étant d'un côté de la plaque verticale C, et 50 fois avec le DD du côté opposé.

Avant chaque changement de position, le DD est ouvert et fermé à la main.

Le DD ne doit pas s'ouvrir pendant les essais.

9.13.2 Chocs mécaniques

La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du DD, monté dans les conditions normales d'emploi (voir note au 8.2), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai du 9.13.2.1 pour tous les types de DD et, de plus, par les essais des

- 9.13.2.2, pour les DD prévus pour être montés sur rails,
- 9.13.2.3, pour les DD enfichables.

NOTE Les DD destinés seulement à être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.13.2.1 Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de chocs comme représenté en Figures 15 à 17.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, en polyamide de dureté Rockwell HR 100. La pièce de frappe a une masse de 150 ± 1 g et est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $1\,000 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, on applique les conditions suivantes:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,002\,5 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- charge additionnelle: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des renseignements complémentaires concernant l'établissement de la dureté Rockwell des matières plastiques sont indiqués dans la Publication ASTM D 785-65 (1970).

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'il faut exercer une force entre 1,9 N et 2,0 N sur la face de la pièce de frappe pour maintenir le tube en position horizontale.

Les DD pour montage en saillie sont montés sur une plaque de contre-plaqué de 8 mm d'épaisseur, de forme carrée de 175 mm de côté, fixée à ses bords supérieurs à une console rigide qui fait partie du support de montage indiqué en Figure 17.

Ce support doit avoir une masse de $10 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ et doit être monté sur un châssis rigide par l'intermédiaire de pivots. Ce châssis est fixé à une paroi massive.

Les DD de type encastré sont montés dans un dispositif d'essai, qui est fixé au support, comme indiqué en Figure 18.

Les DD pour montage en tableau sont montés dans un dispositif d'essai, qui est fixé au support, comme indiqué en Figure 19.

Les DD enfichables sont montés sur leur socle d'origine, qui est fixé sur la plaque de contre-plaqué ou dans les dispositifs d'essai selon la Figure 18 ou 19, selon le cas.

Les DD pour montage sur rail sont montés sur un rail approprié, fixé rigidement au support de montage, comme indiqué en Figure 20.

La conception de l'appareil d'essai est telle que:

- l'échantillon puisse être déplacé horizontalement et puisse tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface du contre-plaqué;

– le contre-plaqué puisse tourner autour d'un axe vertical.

Le DD est monté sur le contre-plaqué ou dans le dispositif d'essai approprié comme en usage normal, avec ses capots, s'il y a lieu, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont défoncées.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, des couvercles et analogues sont serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 14.

On fait tomber la pièce de frappe d'une hauteur de 10 cm, sur les surfaces qui sont accessibles quand le DD est monté dans les conditions normales d'emploi.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position du point de contrôle, lorsque le pendule est libéré, et la position de ce point au moment de l'impact.

Le point de contrôle est repéré sur la surface de la pièce de frappe où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et de la pièce de frappe, perpendiculaire au plan traversant les deux axes, entre en contact avec la surface.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe devrait être le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle a été choisi comme décrit ci-dessus.

On applique à chaque DD 10 coups, deux d'entre eux étant appliqués à l'organe de manœuvre et les autres régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon pouvant être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après qu'on l'a fait tourner autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, mais pas au-delà de 60°, et les deux autres à peu près à mi-distance entre le coup sur l'une des faces latérales et le coup sur l'organe de manœuvre.

Les autres coups sont appliqués de la même façon après que l'on a fait tourner l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contre-plaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des entrées défonçables, l'échantillon est monté de façon que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Les deux coups sur l'organe de manœuvre doivent être appliqués, un organe de manœuvre étant sur la position «fermé», un autre sur la position «ouvert».

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens de la présente norme. En particulier, les capots qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou altèrent l'usage ultérieur du DD, les organes de manœuvre, les revêtements ou cloisons en matériau isolant et analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il est vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes, telles qu'enveloppes ou couvercles, est possible sans endommager ni ces parties, ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air en dessous des valeurs spécifiées au 8.1.3, ainsi que de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques ne sont pas retenus.

Lors de l'essai des DD destinés à être fixés par vis aussi bien que sur un rail, l'essai est effectué sur deux lots de DD, l'un étant fixé au moyen de vis, l'autre étant monté sur un rail.

9.13.2.2 Les DD destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi rigide verticale, sans câble connecté et sans capot ou plaque de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée par un mouvement régulier et continu pendant 1 min sur la face avant du DD et suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (Figure 20).

Durant cet essai, le DD ne doit pas prendre de jeu et après l'essai, le DD ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

9.13.2.3 DD de type enfichable

NOTE Des essais mécaniques complémentaires sont à l'étude.

9.14 Vérification de résistance à la chaleur

9.14.1 Les échantillons, sans capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Au cours de l'essai, ils ne doivent subir aucune modification qui nuirait à leur emploi ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas avoir coulé au point que des parties sous tension soient devenues apparentes.

Après l'essai et après que les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties sous tension qui ne sont normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'épreuve normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Dans les conditions d'essai du 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué sur un pôle, pris au hasard, sans mesure du temps de fonctionnement.

Après l'essai, les marquages doivent encore être lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas retenus, pourvu que la sécurité ne soit pas affectée au sens de la présente norme.

9.14.2 Les parties extérieures en matériau isolant des DD, nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, sont soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareil décrit à la Figure 21, sauf le cas échéant les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position les bornes pour des conducteurs de protection montées dans une boîte qui doivent être essayées selon les exigences du 9.14.3.

La partie à essayer est placée sur un support en acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement. Une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est alors refroidi en 10 s approximativement à la température ambiante, par immersion dans l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.14.3 Les parties extérieures en matériau isolant des DD qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément au 9.14.2, mais l'essai est effectué à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, ou $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai du 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

NOTE Pour les essais des 9.14.2 et 9.14.3, les bases des DD du type montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Les essais des 9.14.2 et 9.14.3 ne sont pas effectués sur des parties en matériau céramique.

Si deux ou plusieurs parties isolantes, spécifiées aux 9.14.2 et 9.14.3 sont réalisées en même matériau, l'essai est effectué seulement sur une de ces parties, selon respectivement le 9.14.2 ou 9.14.3.

9.15 Vérification de résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué **sur un DD complet** conformément ~~aux Articles 4 à 10 de~~ à la CEI 60695-2-10:2000, dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des DD nécessaires au maintien des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai fait à la température de $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par un essai fait à la température de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE Pour les besoins de cet essai, les bases des DD du type pour montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Si des parties isolantes des groupes ci-dessus sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une d'entre elles, selon la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur des parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essai définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie du matériau isolant, qui aurait pu s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie en essai.

~~L'essai est effectué sur un seul échantillon.~~

~~En cas de doute, l'essai est répété sur deux échantillons supplémentaires.~~

~~L'essai est effectué en appliquant le fil incandescent une seule fois.~~

~~Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en utilisation normale (avec la surface essayée en position verticale).~~

~~L'extrémité du fil incandescent doit être appliquée sur la surface spécifiée de l'échantillon en tenant compte des conditions d'utilisation prévues dans lesquelles un élément chauffé ou incandescent peut venir en contact avec l'échantillon.~~

L'essai est effectué sur trois échantillons, les points d'application de l'essai au fil incandescent sont différents d'un échantillon à l'autre.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement à la zone des bornes ou à la chambre de coupure ou à la zone du dispositif de déclenchement magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer profondément sous la surface extérieure sans toucher des pièces de métal relativement grandes ou des céramiques, qui refroidiraient rapidement le fil incandescent et en plus limiteraient la quantité de matériau isolant en contact avec le fil incandescent. Dans cette situation, les parties garantissent la sévérité minimale de l'essai par refroidissement du fil incandescent et en limitant l'accès au matériau isolant à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en utilisation normale (avec la surface essayée en position verticale).

Si une pièce interne du matériau isolant influence l'essai avec un résultat négatif, il est permis de retirer la(les) partie interne identifiée du matériau isolant d'un nouvel échantillon. Ensuite, l'essai au fil incandescent doit être répété au même endroit sur ce nouvel échantillon.

En accord avec le fabricant et comme méthode alternative, il est acceptable d'enlever la partie en cours d'examen dans son intégralité et de la tester séparément (voir la CEI 60695-2-11:2000, Article 4).

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent, si

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée, ou si
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin blanc ne doit pas être roussie.

9.16 Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée

- a) Le DD étant alimenté sous une tension égale à 0,85 fois sa tension assignée, le dispositif de contrôle est momentanément activé 25 fois, à des intervalles de 5 s, le DD étant réenclenché avant chaque manœuvre.
- b) L'essai a) est ensuite répété à 1,1 fois la tension assignée.
- c) L'essai b) est ensuite répété, mais une seule fois, en maintenant en position de fonctionnement l'organe de manœuvre du dispositif de contrôle pendant 30 s.

Pour tous les essais, le DD doit fonctionner. Après l'essai, l'échantillon ne doit montrer aucune altération susceptible de compromettre son emploi ultérieur.

Pour vérifier que les ampères-tours provoqués par le dispositif de contrôle sont inférieurs à 2,5 fois les ampères-tours produits par un courant égal à $I_{\Delta n}$, à la tension assignée, on mesure l'impédance du circuit du dispositif de contrôle, et on calcule le courant d'essai, en tenant compte de la configuration du circuit du dispositif de contrôle.

Si pour une telle vérification, le démontage du DD s'avère nécessaire, on doit utiliser un échantillon séparé.

NOTE La vérification de l'endurance du dispositif de contrôle est considérée comme couverte par les essais du 9.10.

9.17 Vérifications du comportement du DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation classé selon le 4.1.2.1, en cas de défaillance de la tension d'alimentation

NOTE La vérification de la valeur U_y (voir 3.4.21.2) n'est pas prise en considération dans cette norme.

9.17.1 Vérification de la valeur limite de la tension de fonctionnement (U_x)

Une tension égale à la tension assignée est appliquée aux bornes d'alimentation du DD et abaissée progressivement en un temps permettant l'obtention du zéro en 30 s, ou en un temps suffisamment long en cas d'ouverture temporisée du DD, s'il y a lieu (voir 8.12) selon le plus long des deux, jusqu'à l'ouverture automatique du DD.

La tension correspondante est mesurée.

Cinq mesures sont effectuées.

Toutes les valeurs mesurées doivent être inférieures à 0,85 fois la tension assignée (ou le cas échéant 0,85 fois la valeur minimale de la plage des tensions assignées).

A la fin de ces mesures, on doit vérifier que le DD fonctionne correctement en conformité au Tableau 2 si un courant différentiel égal à $I_{\Delta n}$ est appliqué en cas de diminution de la tension d'alimentation, dans les conditions spécifiées au présent paragraphe, jusqu'à l'ouverture automatique, la tension appliquée étant juste supérieure à la valeur mesurée la plus élevée.

On vérifie ensuite que pour toute valeur de la tension d'alimentation inférieure à la plus faible valeur mesurée, il ne doit pas être possible de fermer l'appareil au moyen de l'organe de commande manuelle.

9.17.2 Vérification de l'ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Le DD est alimenté côté amont à sa tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur prise dans la plage des tensions assignées) et est fermé.

La tension d'alimentation est ensuite coupée.

Le temps écoulé entre l'instant de cette interruption et l'instant où les contacts principaux s'ouvrent est mesuré.

Cinq mesures sont effectuées:

- a) pour les DD à ouverture non temporisée, aucune valeur ne doit dépasser 0,5 s;
- b) pour les DD à ouverture temporisée, les valeurs maximales et minimales mesurées doivent être comprises entre les limites indiquées par le constructeur.

9.17.3 Vérification du fonctionnement correct en présence d'un courant différentiel pour les DD à ouverture temporisée en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Le DD est raccordé, selon la Figure 4 et est alimenté côté amont à sa tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur prise dans la plage des tensions assignées).

Le neutre et toutes les phases sauf une sont coupés au moyen de l'interrupteur S_3 approprié.

Pendant le délai de temporisation (voir Tableau 11) indiqué par le constructeur, le DD est soumis aux essais du 9.9.1.2, la fermeture et l'ouverture consécutive de S_3 étant requises avant chaque mesure.

NOTE L'essai du 9.9.1.2 a) est effectué seulement si la temporisation est supérieure à 30 s.

9.17.4 Vérification du fonctionnement correct d'un DD ayant trois ou quatre voies de courant en présence d'un courant différentiel résiduel, le neutre et une seule des autres voies étant alimentés

Dans le cas d'un DD ayant 3 ou 4 voies de courant (voir 4.3) un essai est fait selon le 9.9.1.2 c) mais le neutre et une seule des autres voies étant alimentés à la fois, les connexions étant faites selon la Figure 4.

L'essai est répété successivement sur chacune des autres voies.

9.17.5 Vérification de la fonction de refermeture des DD se refermant automatiquement

A l'étude.

~~9.18 Vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tri- ou tétrapolaire~~ Vide

~~NOTE 1 Pour les DD ayant plusieurs réglages, l'essai est fait au réglage le plus bas.~~

~~Le DD est branché comme indiqué à la Figure 22, l'interrupteur d'essai $S_{\perp}$ étant ouvert.~~

~~La résistance R est réglée de façon à obtenir un courant égal à 0,8 fois la limite inférieure de la plage des courants de déclenchement instantané selon le type B, C ou D, selon le cas.~~

~~NOTE 2 Pour le réglage de ce courant, le DD peut être remplacé par des connexions d'impédance négligeable.~~

~~L'interrupteur d'essai $S_{\perp}$ étant préalablement ouvert, est fermé puis ouvert à nouveau après 1 s.~~

~~L'essai est répété trois fois pour chaque combinaison possible de voies de courant, l'intervalle entre deux fermetures consécutives étant d'au moins 1 min.~~

~~Le DD ne doit pas s'ouvrir.~~

~~Les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation sont alimentés côté amont par une tension égale à la tension assignée (ou une valeur prise dans la plage des tensions assignées s'il y a lieu).~~

9.19 Vérification du comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension

9.19.1 Essai de tenue à l'onde de courant (essai à l'onde récurrente amortie 0,5 μ s/100 kHz) pour tous les DD

Le DD est essayé en utilisant un générateur d'onde de courant capable de produire un courant oscillant amorti comme indiqué en Figure 26. Un exemple de schéma de circuit pour l'essai du DD est donné en Figure 27.

Un pôle du DD choisi au hasard doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un échantillon supplémentaire du DD du même type, avec les mêmes I_n et $I_{\Delta n}$, pour répondre aux exigences suivantes:

- valeur pic: $200 \text{ A } {}^{+10}_{0} \%$
ou $25 \text{ A } {}^{+10}_{0} \%$ pour les DD avec $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$
- temps de montée virtuel: $0,5 \text{ } \mu\text{s} \pm 30 \%$
- période de l'onde transitoire suivante: $10 \text{ } \mu\text{s} \pm 20 \%$
- chacun des pics successifs **inversés**: environ 60 % du pic précédent

Pendant l'essai le DD ne doit pas se déclencher. Après l'essai à l'onde récurrente amortie, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai selon 9.9.1.2 c) à $I_{\Delta n}$ seulement avec mesure du temps de déclenchement.

NOTE Les procédures d'essais et les circuits d'essais correspondants pour les DD avec protection contre les surtensions intégrées ou incorporées sont à l'étude.

9.19.2 Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μs)

9.19.2.1 Conditions d'essai

Le DD est essayé en utilisant un générateur de courant capable de délivrer une onde de courant 8/20 μs amortie (CEI 60060-2) comme indiqué à la Figure 28. Un exemple de circuit d'essai pour la connexion du DD est illustré à la Figure 29.

Un pôle du DD, choisi au hasard, doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un échantillon supplémentaire du DD du même type (mêmes I_n et $I_{\Delta n}$) pour répondre aux exigences suivantes:

- valeur pic: $3\,000 \text{ A } {}^{+10}_{0} \%$
- temps de montée virtuel: $8 \text{ } \mu\text{s} \pm 20 \%$
- temps virtuel à la moitié de la valeur: $20 \text{ } \mu\text{s} \pm 20 \%$
- pic de courant inverse: moins de 30 % de la valeur pic

Il y a lieu d'ajuster le courant à la forme asymptotique du courant. Pour les essais sur les autres échantillons du même type (mêmes I_n et $I_{\Delta n}$), il convient que le courant inverse, s'il y a lieu, ne dépasse pas 30 % de la valeur pic.

9.19.2.2 Résultats des essais pour les DD du type S

Pendant les essais, le DD ne doit pas déclencher.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai conforme à 9.9.1.2 c), seulement à $I_{\Delta n}$, avec mesure du temps de fonctionnement.

9.19.2.3 Résultats des essais pour les DD du type général

Pendant les essais, le DD peut déclencher. Après chaque déclenchement, le DD doit être fermé à nouveau.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai conforme à 9.9.1.2 c), à $I_{\Delta n}$ seulement, avec mesure du temps de fonctionnement.

9.20 ~~Vérification de la résistance de l'isolation à une onde de surtension~~Vide

~~L'essai est effectué sur un DD fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position fermée.~~

~~Les impulsions sont données par un générateur d'impulsions positives ou négatives, de durée de front 1,2 μ s et de durée jusqu'à la mi-valeur de 50 μ s, les tolérances étant:~~

- ~~— ± 5 % pour la valeur de crête;~~
- ~~— ± 30 % pour la durée de front;~~
- ~~— ± 20 % pour la durée à mi-valeur.~~

~~Une première série d'essais est effectuée à une tension de choc de crête 6 kV, les impulsions étant appliquées entre les phases connectées ensemble et le neutre du dispositif différentiel.~~

~~Une seconde série d'essais est effectuée à une tension de choc de crête 8 kV, les impulsions étant appliquées entre le support métallique connecté aux bornes destinées à l'interconnexion des conducteurs de protection, s'il y a lieu, et le(s) pôle(s) de phase et le pôle neutre connectés ensemble.~~

~~L'impédance de l'appareil d'essai doit être de 500 Ω .~~

~~NOTE 1— Une diminution significative de cette valeur est à l'étude.~~

~~NOTE 2— Les valeurs de 6 kV et 8 kV sont provisoires.~~

~~Dans les deux cas, cinq impulsions positives et cinq impulsions négatives sont appliquées, l'intervalle de temps entre deux impulsions consécutives étant d'au moins 10 s.~~

~~Aucune décharge disruptive non intentionnelle ne doit apparaître.~~

~~S'il apparaît une seule décharge disruptive, 10 impulsions supplémentaires de même polarité que celle ayant provoqué l'apparition de la décharge sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles le défaut est apparu.~~

~~Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.~~

~~NOTE 3— L'expression «décharge disruptive non intentionnelle» est utilisée pour couvrir les phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous des contraintes électriques, ce qui inclut une chute de tension et la circulation du courant.~~

~~NOTE 4— Des décharges intentionnelles comprennent les décharges d'un quelconque parafoudre incorporé.~~

~~La forme des impulsions est réglée avec le DD en essai connecté à l'appareil générateur d'impulsions. A cet effet, on doit utiliser des diviseurs de tension et des capteurs de tension appropriés.~~

~~De petites oscillations dans les impulsions sont admises, pourvu que leur amplitude au voisinage de la crête de l'impulsion ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête.~~

~~Pour les oscillations sur la première moitié du front, des amplitudes ne dépassant pas 10 % de la valeur de crête sont admises.~~

9.21 ~~Vérification du fonctionnement correct des courants différentiels résiduels avec composante continue~~Vide

~~Les conditions d'essai de 9.9.1.1 et 9.9.1.5 s'appliquent, à l'exception du circuit d'essai qui doit être celui des Figures 5 et 6, selon le cas.~~

~~9.21.1 Dispositifs différentiels du type A~~

~~Pour les DD ayant plus d'une fréquence assignée, les essais doivent être effectués à la fréquence la plus basse et à la fréquence la plus élevée.~~

~~9.21.1.1 Vérification du bon fonctionnement en cas d'augmentation continue du courant différentiel continu pulsé~~

~~L'essai doit être effectué selon la Figure 5.~~

~~Les interrupteurs auxiliaires S_1 et S_2 et le DD D doivent être fermés. Le thyristor correspondant doit être commandé de telle façon que les angles de retard α du courant 0° , 90° et 135° puissent être obtenus. Chaque pôle du DD doit être essayé deux fois pour chaque angle de retard du courant, dans les positions I et II de l'interrupteur S_3 .~~

~~A chaque essai le courant doit être augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement d'approximativement $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n}$ est supérieur à $0,01$ A et de $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n}$ est inférieur ou égal à $0,01$ A, à partir de zéro. Le courant de déclenchement et le temps de coupure correspondant doivent être conformes aux valeurs du Tableau 26.~~

Tableau 26 — Valeur du courant de déclenchement pour les DD du type A

Angle, α $^\circ$	Courant de déclenchement A	
	Limite inférieure $I_{\Delta n}$	Limite supérieure $I_{\Delta n}$
0	0,35	} 1,4 ou 2 (5.3.8)
90	0,25	
135	0,11	

~~9.21.1.2 Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'apparition soudaine de courants différentiels continus pulsés~~

~~Les DD doivent être essayés selon la Figure 5.~~

~~Le circuit étant étalonné successivement aux valeurs spécifiées ci-après, l'interrupteur auxiliaire S_1 et le DD étant en position fermée, le courant différentiel est brusquement établi en fermant l'interrupteur S_2 .~~

~~L'essai est effectué à chaque valeur du courant différentiel spécifié au Tableau 3, en accord avec le type de DD.~~

~~Deux mesures du temps de fonctionnement sont effectuées pour chaque valeur du courant résiduel avec un angle de retard $\alpha = 0^\circ$, l'interrupteur auxiliaire S_3 étant en position I pour la première mesure et en position II pour la seconde mesure.~~

~~Aucune mesure ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées.~~

~~9.21.1.3 Vérification du fonctionnement correct en charge à la température de référence~~

~~Les essais du 9.21.1.1 sont répétés, le pôle en essai et un autre pôle du DD étant chargés au courant assigné, ce courant étant établi peu de temps avant l'essai.~~

~~NOTE — La mise en charge sous le courant assigné n'est pas prise en compte dans la Figure 5.~~

~~9.21.1.4 Vérification du fonctionnement correct dans le cas de courant résiduel continu pulsé auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A~~

~~Le DD doit être essayé en accord avec la Figure 6 avec un courant de défaut redressé d'une demi-onde (angle de retard $\alpha = 0^\circ$) auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A.~~

~~Chaque pôle du DD est essayé deux fois successivement dans chacune des positions I et II.~~

~~Le courant $I_{\pm}$ d'une demi-onde étant augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement approximativement de $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A et $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, le dispositif doit déclencher avant que ce courant $I_{\pm}$ d'une demi-onde atteigne une valeur de $1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$ respectivement.~~

9.22 Vérification de la fiabilité

La vérification est effectuée par les essais des 9.22.1 et 9.22.2.

Pour les DD ayant plusieurs réglages, les essais sont faits au réglage le plus bas.

9.22.1 Essais climatiques

L'essai est basé sur la CEI 60068-2-30, en tenant compte de la CEI 60068-3-4.

9.22.1.1 Chambre d'essais

La chambre d'essais doit être construite comme indiqué à l'Article 4 de la CEI 60068-2-30:2005. L'eau de condensation doit être continuellement évacuée de la chambre d'essais et non réutilisée, à moins qu'elle n'ait été purifiée. On ne doit utiliser que de l'eau distillée pour le maintien de l'humidité de la chambre d'essais.

Avant sa pénétration dans la chambre d'essais, l'eau distillée doit avoir une résistivité d'au moins 500 Ωm et une valeur du pH de $7,0 \pm 0,2$. Pendant et après l'essai, la résistivité ne devrait pas être inférieure à 100 Ωm et la valeur du pH devrait rester à $7,0 \pm 1,0$.

9.22.1.2 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: $55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$;
- nombre de cycles: 28.

9.22.1.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être en accord avec l'Article 4 de la CEI 60068-2-30:2005 et la CEI 60068-3-4.

a) Mesures initiales

Une mesure initiale est faite en soumettant le DD à l'essai du 9.9.1.2 c) mais seulement à $I_{\Delta n}$.

b) Conditionnement

- 1) Le DD est introduit dans la chambre, monté et équipé de conducteurs comme en usage normal. Il doit être en position de fermeture.
- 2) Période de stabilisation (voir Figure 23)

La température du DD doit être stabilisée à $25^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$:

- i) soit en plaçant le DD dans une chambre distincte de la chambre d'essais avant de l'introduire dans celle-ci;

- ii) soit en réglant la température de la chambre d'essais à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ après l'introduction du DD dans la chambre et en la maintenant dans ces limites jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Durant la stabilisation de la température par l'une quelconque de ces méthodes, l'humidité relative doit être à l'intérieur des limites prescrites pour les conditions atmosphériques normales d'essais (voir Tableau 6).

Pendant la dernière heure, le DD étant dans la chambre d'essais, l'humidité relative doit être augmentée jusqu'à être d'au moins 95 % à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

3) Description du cycle de 24 h (voir Figure 24)

- i) La température de la chambre doit être élevée d'une façon continue jusqu'à la valeur de la température supérieure prescrite au 9.22.1.2.

Cette température supérieure doit être obtenue en un temps égal à $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ et à une vitesse comprise dans les limites définies par l'aire hachurée de la Figure 24.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être d'au moins 95 %. Pendant cette période de montée de la température, de la condensation doit se produire sur le DD.

NOTE La condition pour que la condensation se produise implique que la température de surface du DD soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère; ce qui signifie qu'il convient que l'humidité relative soit supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible. Il convient de veiller à ce qu'aucune goutte d'eau condensée ne tombe sur l'échantillon.

- ii) La température doit alors être maintenue dans les limites prescrites pour la température la plus haute $\pm 2\text{ °C}$ pendant 12 h avec une tolérance de $\pm 30\text{ min}$ comptées à partir de l'instant de départ du cycle.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être de $93\% \pm 3\%$, sauf pendant les 15 premières et les 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se produire de condensation sur le DD pendant les 15 dernières min.

- iii) La température doit être ensuite abaissée jusqu'à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ en un temps compris entre 3 h et 6 h. Au début, pendant 1 h 30 min, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si elle était maintenue comme il est indiqué à la Figure 24, la température de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ serait atteinte en $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

Pendant la période de chute de température, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %, sauf au cours des premières 15 min pendant lesquelles elle doit être d'au moins 90 %.

- iv) La température est enfin maintenue à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ avec une humidité relative d'au moins 95 % jusqu'à ce que le cycle de 24 h soit achevé.

9.22.1.4 Rétablissement

A la fin de l'exécution des cycles, le DD ne doit pas être retiré de la chambre d'essais.

La porte de la chambre d'essais doit être ouverte et la régulation en température et humidité coupée.

On attend le rétablissement des conditions de l'atmosphère ambiante (température et humidité) pendant une période de 4 h à 6 h avant d'effectuer les mesures finales.

Pendant les 28 cycles, le DD ne doit pas déclencher.

9.22.1.5 Mesures finales

Dans les conditions d'essai spécifiées au 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle pris au hasard et sans mesure du temps de fonctionnement.

9.22.2 Essai à la température de 40 °C

Le DD est installé comme en usage normal sur une paroi de contre-plaqué de 20 mm d'épaisseur environ peinte en noir mat.

A chaque pôle, un conducteur de 1 m de longueur et de section nominale spécifiée au Tableau 13 est connecté à l'entrée et à la sortie du DD, les vis ou écrous de ces bornes étant serrés avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 14. L'ensemble est placé dans une étuve.

On fait passer dans le DD un courant égal au courant assigné sous une tension appropriée et on le soumet à une température de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec un courant et 3 h sans courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, le DD n'étant pas manœuvré.

Pour les DD tétrapolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités, les trois pôles protégés seulement sont chargés.

Pour les DD tétrapolaires avec quatre pôles protégés contre les surintensités, seulement trois d'entre eux sont chargés.

A la fin de la dernière période de 21 h avec courant, on détermine l'échauffement des bornes au moyen de couples thermoélectriques à fils fins. Cet échauffement ne doit pas dépasser 65 K.

Après cet essai, on laisse refroidir dans l'étuve le DD sans courant, approximativement jusqu'à la température ambiante.

Dans les conditions d'essai spécifiées au 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle pris au hasard et sans mesure du temps de fonctionnement.

9.23 Vérification du vieillissement des composants électroniques

Le DD est placé pendant une période de 168 h dans une température ambiante de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et chargé au courant assigné. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension assignée.

Après cet essai, on laisse refroidir dans l'étuve le DD, sans courant, approximativement jusqu'à la température ambiante. Les parties électroniques ne doivent pas présenter de défauts.

Dans les conditions du 9.9.1.2 c), le DD doit déclencher mais avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué, sur un pôle pris au hasard, sans mesure du temps de fonctionnement.

NOTE Un exemple pour le circuit de cet essai est donné en Figure 25.

9.24 Compatibilité électromagnétique (CEM)

9.24.1 Essais couverts par la présente norme

~~Les essais de CEM doivent être effectués conformément à la CEI 61543 comme suit:~~

~~NOTE—Les essais indiqués dans le Tableau 27 sont couverts par la présente norme et n'ont pas besoin d'être répétés.~~

Tableau 27 – Essais ~~à appliquer pour vérifier la CEM~~ couverts par la présente norme

Référence des Tableaux 4 et 5 de la CEI 61543:1995 et Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Essais de la CEI 61009-1
T 1.3	Variation d'amplitude de la tension	9.9.1.54 et 9.17
T 1.4	Déséquilibre de la tension	9.9.1.54 et 9.17
T 1.5	Variations de la fréquence fondamentale ~~de l'alimentation~~	9.2
T 1.8	Champs magnétiques ~~rayonnés~~	9.12 ~~et 9.18~~
T 2.4	Transitoires oscillatoires de courant	9.19

9.24.2 Essais complémentaires

Les ~~autres~~ essais ~~listés des Tableaux 4, 5 et 6 de la CEI 61543:1995~~ dans le Tableau 29 doivent être effectués selon les séquences d'essais H, I et J énumérés dans l'Annexe A de cette norme.

Tableau 29 – Essais à effectuer conformément à la CEI 61543

Référence des Tableaux 4, 5 et 6 de la CEI 61543: 1995 et Amendement 1: 2004	Phénomènes électromagnétiques
T1.1	Harmoniques, interharmoniques
T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
T2.3	Transitoires unidirectionnelles conduites à l'échelle de la microseconde à la milliseconde
T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
T2.5	Phénomène de rayonnement haute fréquence
T2.2	Transitoires rapides (salves)
T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences inférieure à 150 kHz
T3.1	Décharges électrostatiques

Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de la CEI 61543.

9.25 Essai de résistance à la rouille

Toute la graisse est enlevée des parties à être testées par immersion dans un dégraissant chimique à froid tel que l'essence méthyl-chloroforme ou de l'essence raffinée, pendant 10 min. Les pièces sont ensuite immergées pendant 10 min dans une solution à 10% de chlorure d'ammonium dans l'eau à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Sans séchage, mais après avoir secoué les gouttes, les pièces sont placées pendant 10 min dans une boîte contenant de l'air saturé d'humidité à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Après que les pièces ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, leur surface ne doit présenter aucun signe de rouille.

NOTE 1 Ignorer les traces de rouille sur les angles vifs et le film jaunâtre amovible par simple frottement.

Pour les petits ressorts et autres, ainsi que pour les pièces inaccessibles exposées à l'abrasion, une couche de graisse peut fournir une protection suffisante contre la rouille. Ces

pièces sont soumises à l'essai seulement en cas de doute quant à l'efficacité de la couche de graisse, et dans ce cas l'essai est effectué sans décapage préalable de la graisse.

NOTE 2 Au moment de l'utilisation du liquide spécifié pour l'essai, des précautions adéquates devraient être prises pour prévenir l'inhalation de la vapeur.

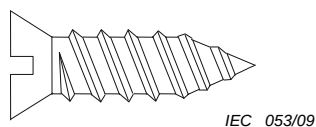


Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.6.10)

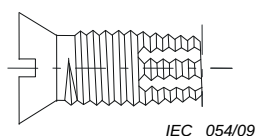
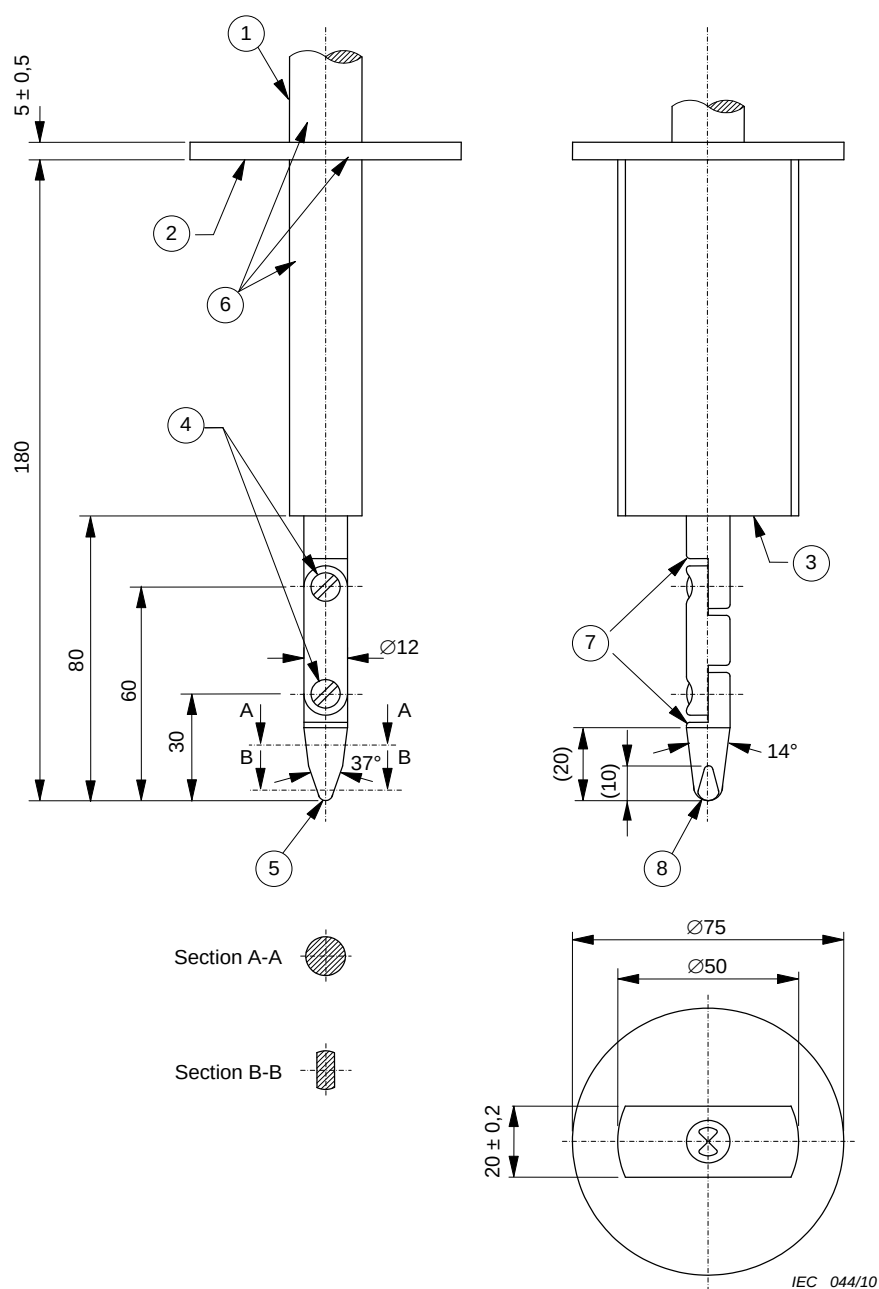


Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.6.11)

Dimensions en millimètres



Légende

- Legende**
- | | |
|---|----------------|
| 1 | Manche |
| 2 | Garde |
| 3 | Plaque d'arrêt |
| 4 | Articulations |

5	R2 ± 0,05 cylindrique
6	Matière isolante
7	Chanfreiner toutes les arêtes
8	R4 ± 0,05 sphérique

Matière: métal sauf spécification contraire

Tolérances des dimensions sans indication de tolérance:

sur les angles: $\begin{matrix} 0 \\ -10 \end{matrix}$

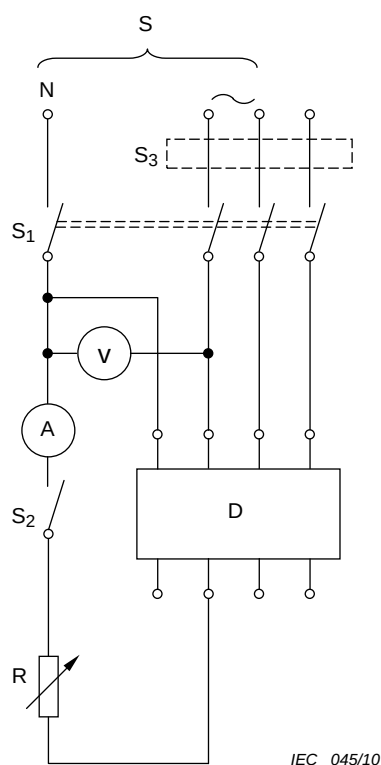
sur les dimensions linéaires:

jusqu'à 25 mm: 0
- 0,05

au-dessus de 25 mm: $\pm 0,2$

Les deux articulations doivent permettre un mouvement dans le même plan et le même sens de 90° avec une tolérance de $^{+10}_{0}^{\circ}$.

Figure 3 – Doigt d'épreuve articulé (9.6)



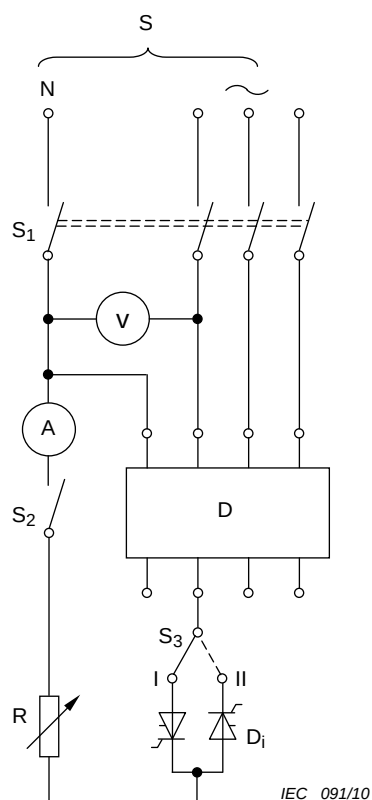
Légende

S	Alimentation
V	Voltmètre
A	Ampèremètre
S ₁	Interrupteur omnipolaire
S ₂	Interrupteur unipolaire
S ₃	Interrupteur coupant toutes les phases sauf une
D	DD en essai
R	Résistance variable

NOTE S₃ reste fermé sauf pour l'essai 9.17.3.

Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification

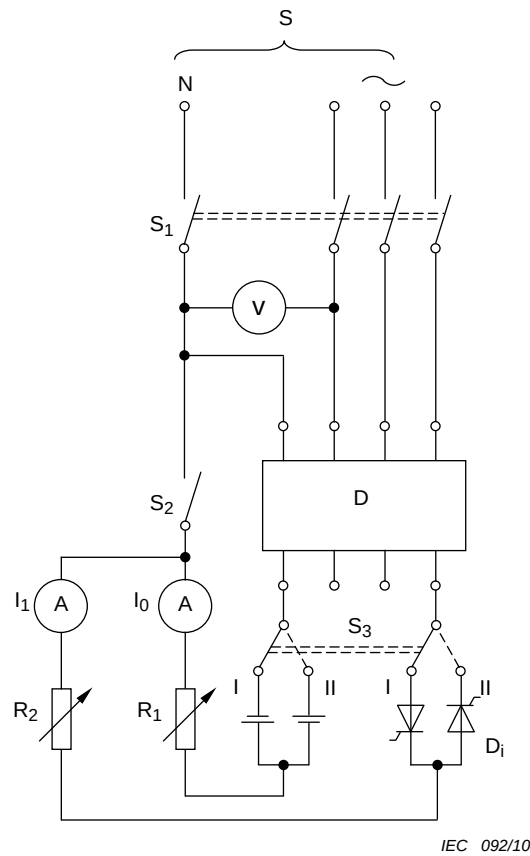
- des caractéristiques de fonctionnement (9.9.1)
- du mécanisme à déclenchement libre (9.11)
- du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (9.17.3 et 9.17.4) pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation



Légende

- S Alimentation
- V Voltmètre
- A Ampèremètre (mesurant la valeur efficace vraie)
- D ID en essai
- D_i Thyristors
- R Résistance variable
- S₁ Interrupteur multipolaire
- S₂ Interrupteur unipolaire
- S₃ Interrupteur à deux voies

Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du DD dans le cas de courant résiduel continu pulsé



Légende

S	Alimentation
V	Voltmètre
A	Ampèremètre (mesurant la valeur efficace vraie)
D	DD en essai
D_i	Thyristors
R_1, R_2	Résistances variables
S_1	Interrupteur omnipolaire
S_2	Interrupteur unipolaire
S_3	Interrupteur bipolaire à deux voies

Figure 6 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent de 0,006 A

Explication des symboles littéraux utilisés dans les Figures 7, 8 et 9 à 12

N	Conducteur neutre
S	Alimentation
Z	Impédance réglable
D	DD en essai
G ₁	Connexions provisoires pour l'étalonnage
G ₂	Connexions pour l'essai au courant conditionnel de court-circuit assigné
A	Dispositif établissant le court-circuit
O ₁	Capteur de courant
O ₂	Capteur de tension
F	Dispositif destiné à déceler un courant de défaut
R ₁	Résistance-shunt d'impédance
R ₂	Résistance limitant le courant dans le dispositif F
Z ₁	Résistance additionnelle réglable pour obtenir des courants inférieurs au courant conditionnel de court-circuit
Z ₂	impédance réglable pour l'étalonnage de I _Δ
S ₁	Interrupteur auxiliaire
B et C	Points de connexion de la (des) grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C

N	=	Conducteur neutre
S	=	Alimentation
R	=	Résistance(s) réglable(s)
Z	=	Impédance dans chaque phase pour l'étalonnage du courant conditionnel de court-circuit assigné. Les inductances doivent être de préférence sans fer et connectées en série avec des résistances pour obtenir le facteur de puissance requis.
Z ₁	=	Résistance additionnelle réglable pour obtenir des courants inférieurs au courant conditionnel de court-circuit
Z ₂	=	Impédance réglable pour l'étalonnage de I _Δ
D	=	DD à l'essai
trame	=	Toutes les parties conductrices normalement mises à la terre en service, y compris les FE, le cas échéant.
G ₁	=	Connexion(s) provisoire(s) pour l'étalonnage
G ₂	=	Connexions pour l'essai au courant conditionnel de court-circuit assigné
T	=	Interrupteur pour le court-circuit
I ₁ , I ₂ , I ₃	=	Capteur(s) de courant Peut être situé sur l'alimentation ou sur le côté aval de l'appareil d'essai mais toujours sur le côté secondaire du transformateur
I ₄	=	Autre capteur de courant résiduel, le cas échéant
Ur ₁ , Ur ₂ , Ur ₃	=	Capteur(s) de tension
F	=	Dispositif destiné à déceler un courant de défaut
R ₁	=	Résistance absorbant un courant d'environ 10A
R ₂	=	Résistance limitant le courant dans le dispositif F
r	=	Résistance(s) prenant environ 0,6 % du courant (voir 9.12.2)
S ₁	=	Interrupteur auxiliaire
B et C	=	Points de connexion de la (des) grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C
L	=	Inductance(s) réglable sans fer

NOTE 1 Le dispositif de fermeture T peut également être situé entre les bornes du côté aval de l'appareil d'essai et les capteurs de courant I₁, I₂ et I₃ le cas échéant.

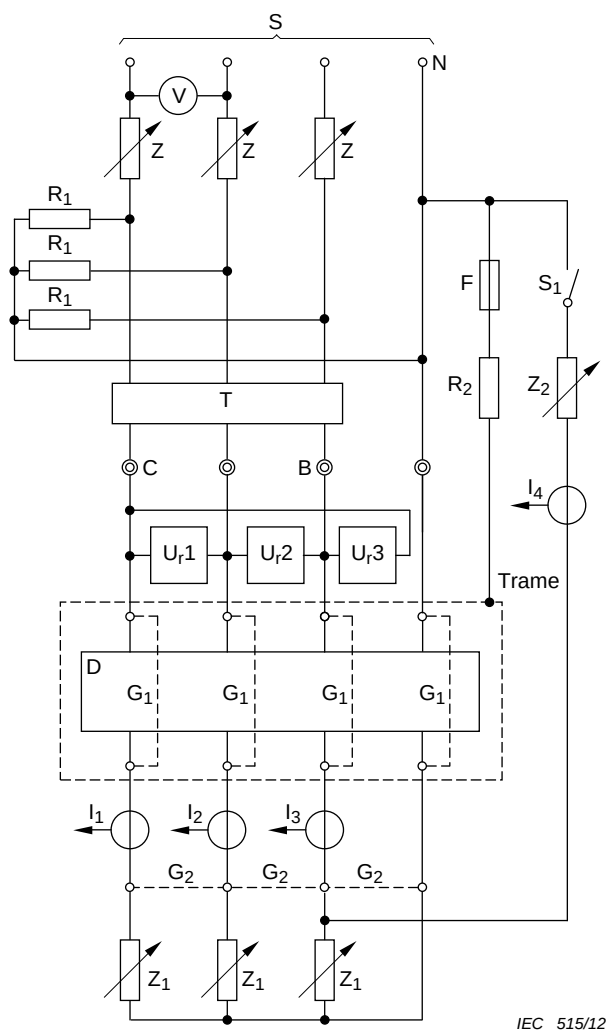


Figure 7 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui du 9.12.11.2.2

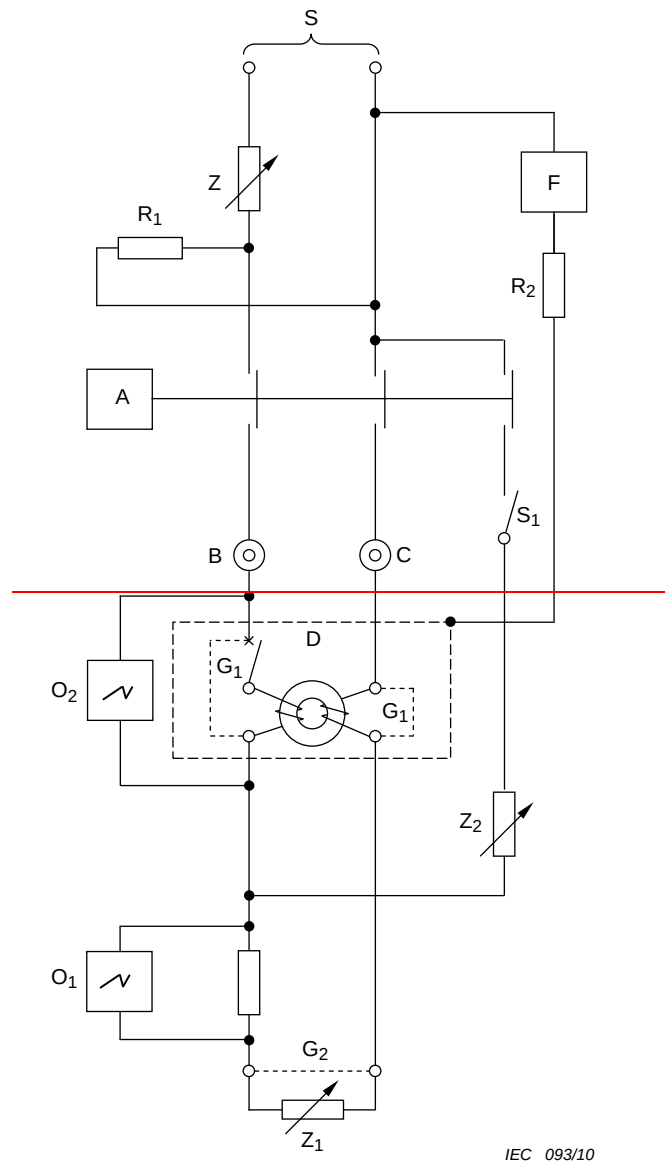


Figure 8 — Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD unipolaire à deux voies de courant (9.12)

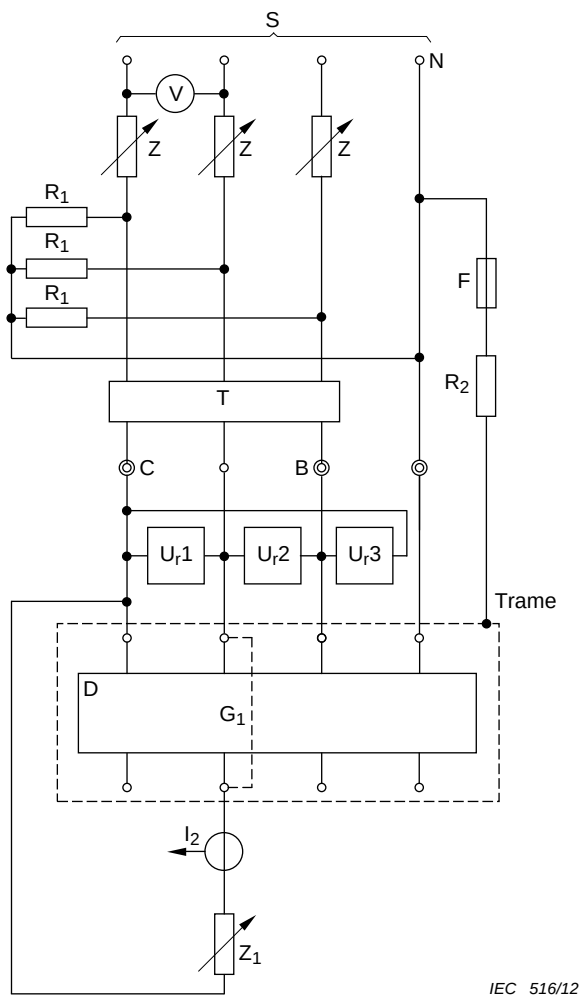


Figure 8 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2

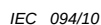


Figure 9 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2

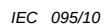
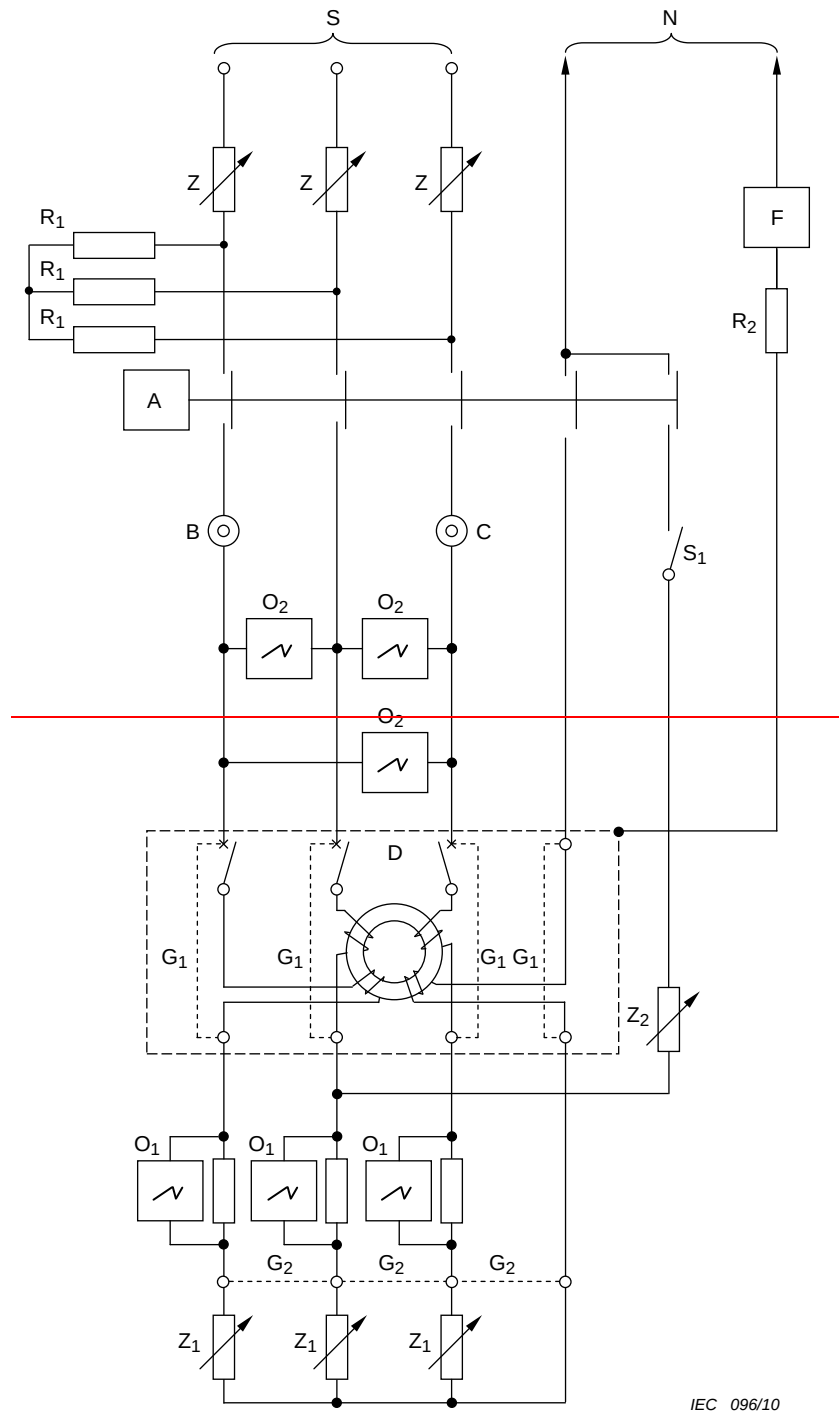


Figure 10 – ~~Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tripolaire à trois voies, dans le cas d'un circuit triphasé (9.12) Vide~~



IEC 096/10

Figure 11 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tripolaire à quatre voies de courant, dans le cas d'un circuit triphasé avec neutre (9.12) Vide

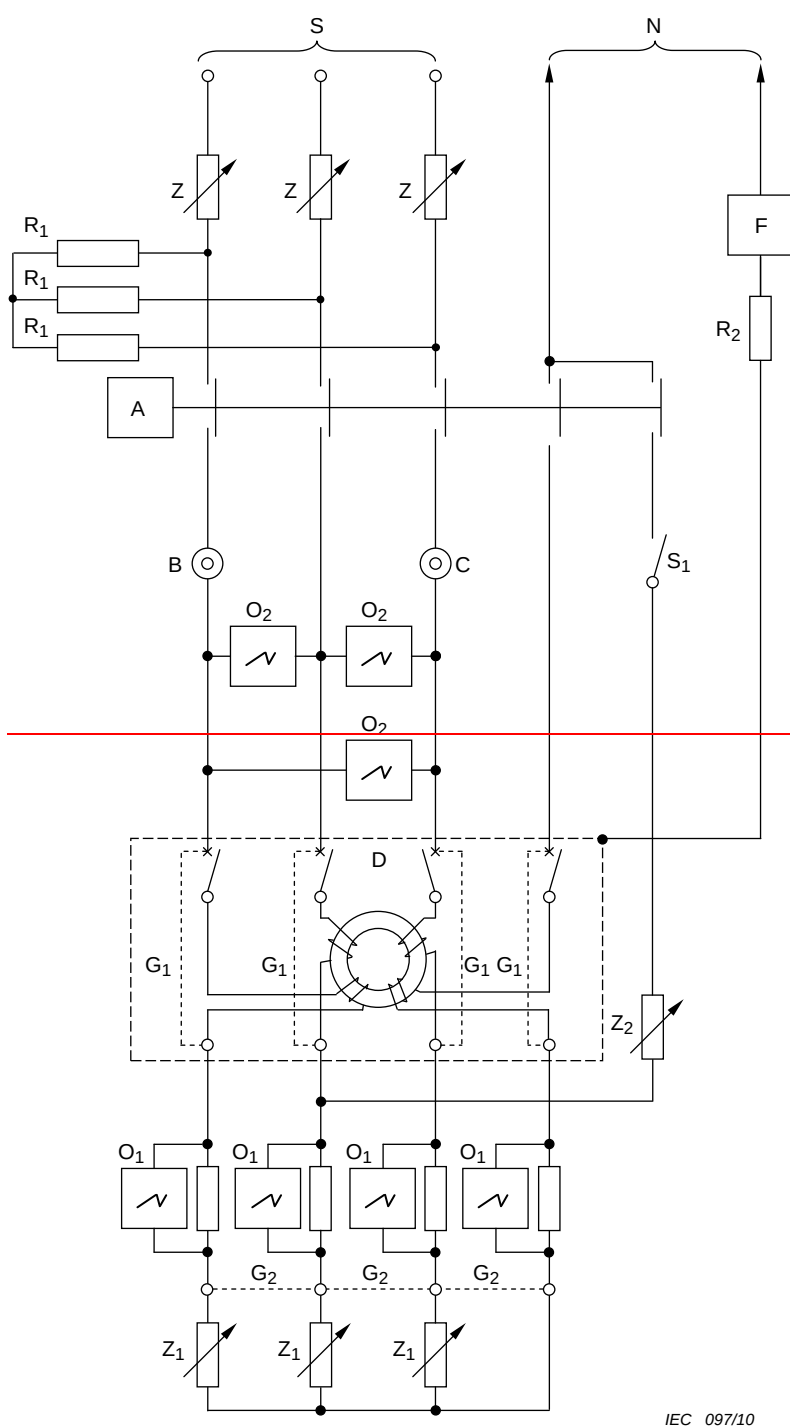
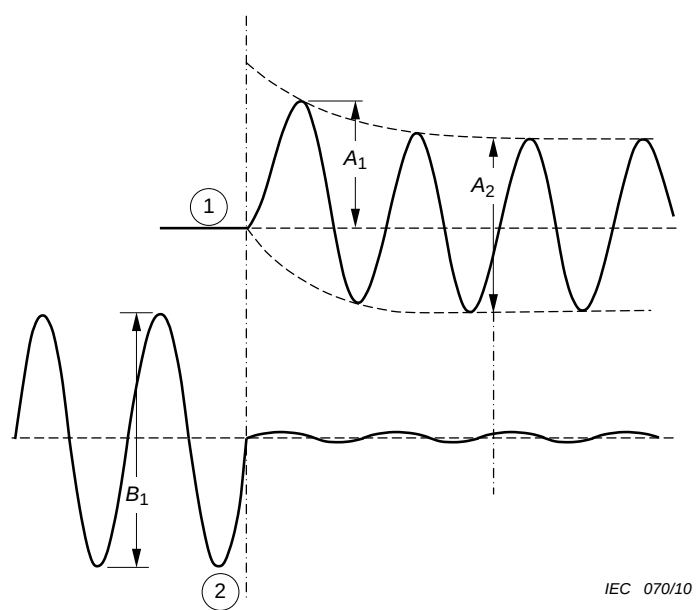


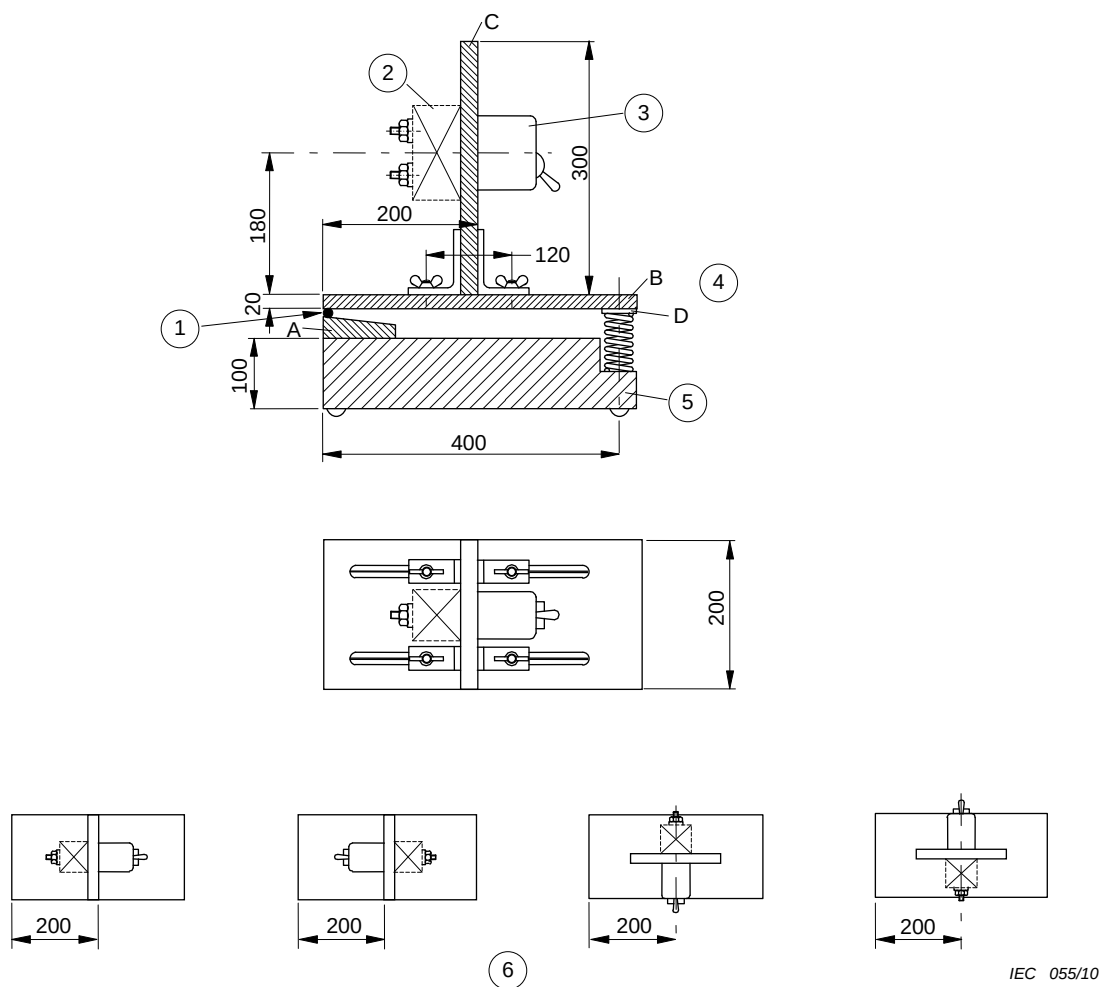
Figure 12 – Circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure assigné d'un DD tétrapolaire, dans le cas d'un circuit triphasé avec neutre (9.12) Vide



Légende

- 1 Courant
- 2 Tension

Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit

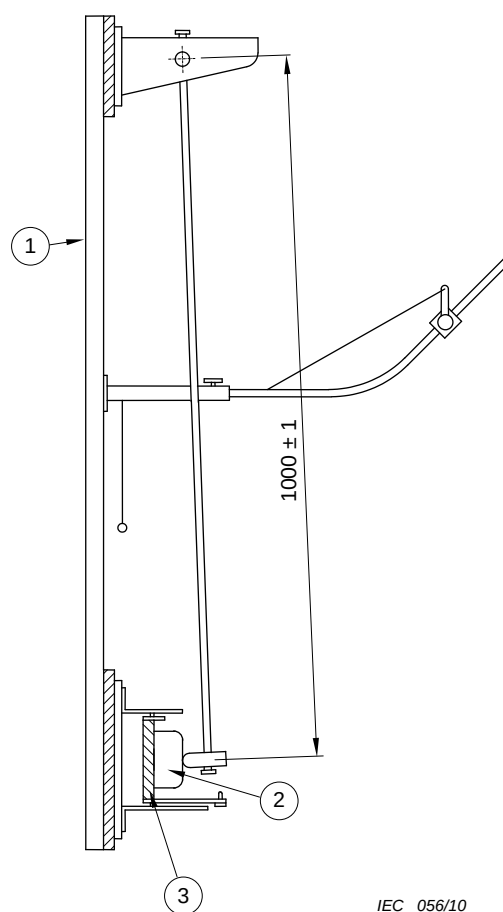


Légende

- 1 Charnière
- 2 Masse additionnelle
- 3 Echantillon
- 4 Plaque-butée métallique
- 5 Bloc de bêtôn
- 6 Positions d'essai successives

Figure 14 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.13.1)

Dimensions en millimètres

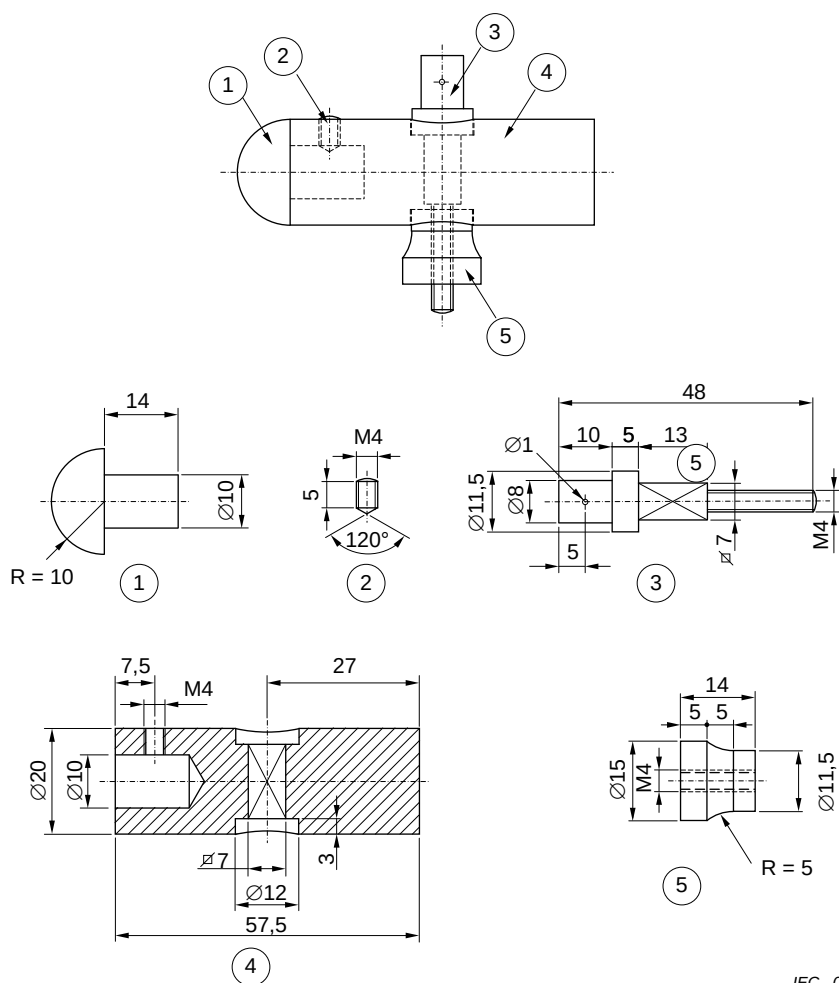


Légende

- 1 Support
- 2 Echantillon
- 3 Support d'appui

Figure 15 – Appareil pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres

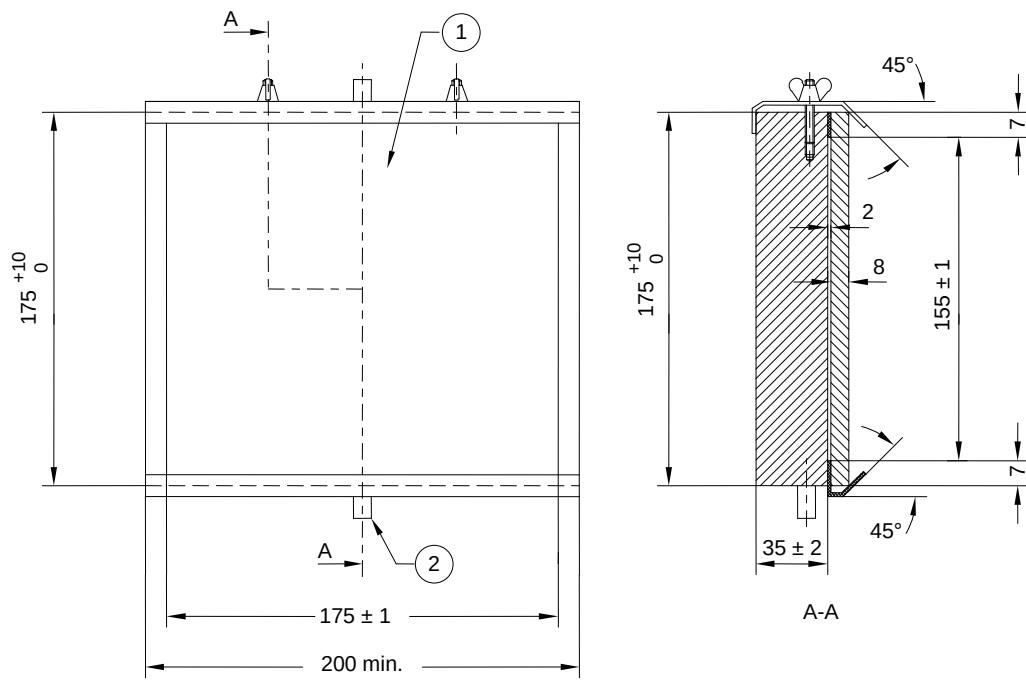


Légende

1	Polyamide
2, 3, 4, 5	Acier Fe 360

Figure 16 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres

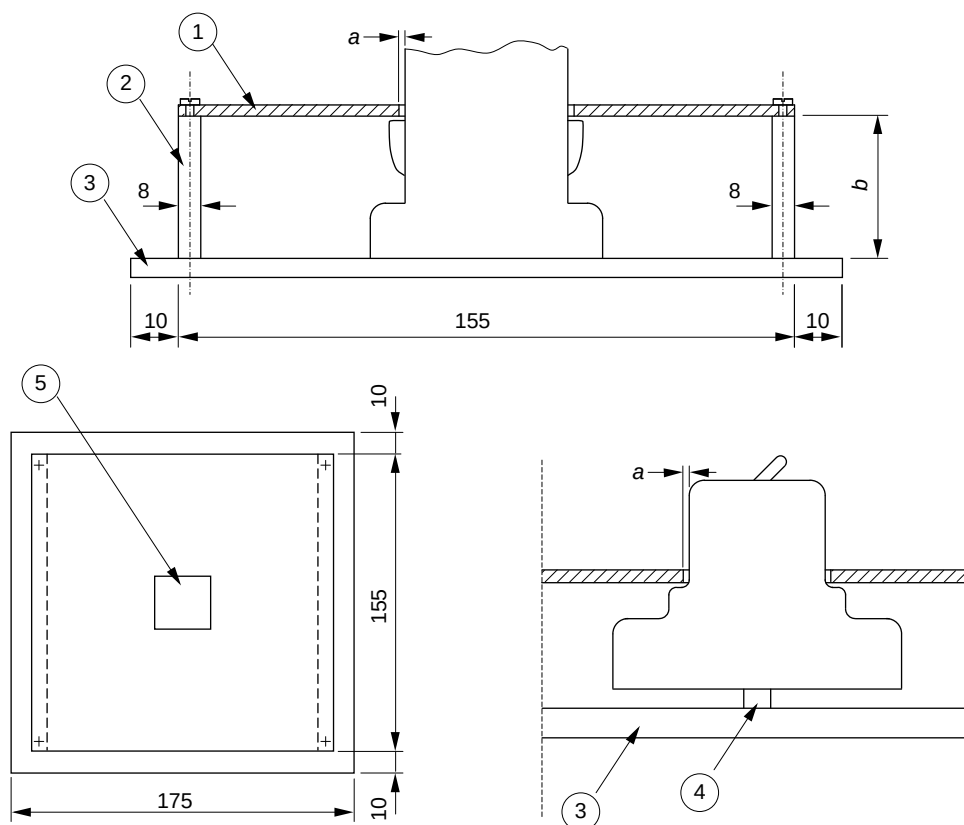


IEC 058/10

Légende

- 1 Panneau de contre-plaqué
- 2 Pivot

Figure 17 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)



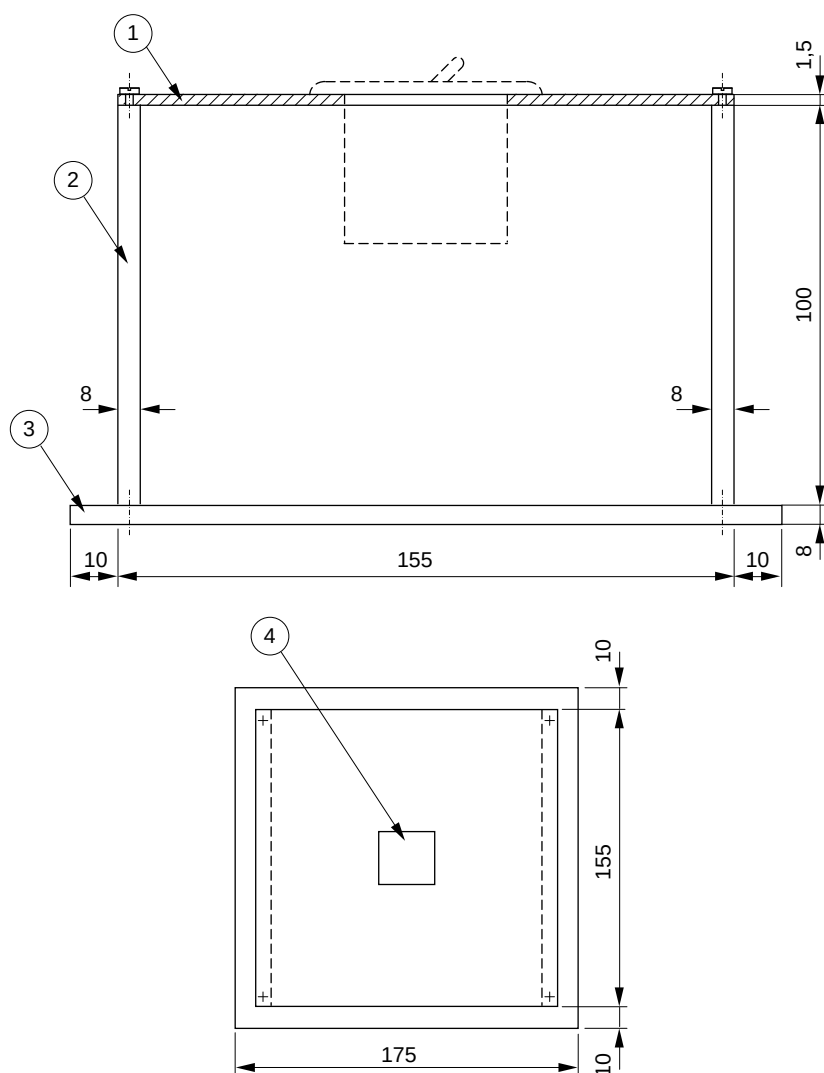
IEC 059/10

Légende

1	Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1 mm
2	Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
3	Plaque de montage
4	Rail pour DD destiné être monté sur rail
5	Passage dans la plaque d'acier pour le DD
a	la distance entre le bord du passage et les parois du DD doit être comprise entre 1 mm et 2 mm
b	la hauteur des plaques d'aluminium doit être telle que la plaque d'acier soit appliquée sur les épaulements du DD, ou, si le DD n'est pas muni de tels épaulements, la distance des parties actives, qui doivent être protégées par un capot additionnel, à la face inférieure de la plaque d'acier, est de 8 mm.

Figure 18 – Exemple de fixation d'un DD ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres



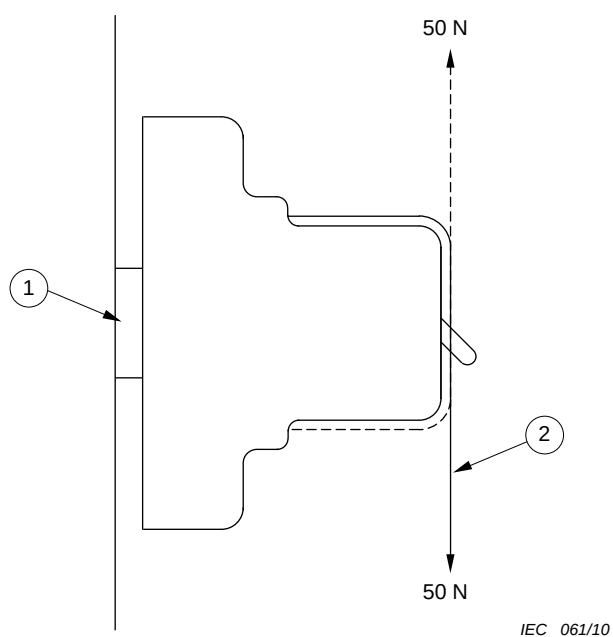
IEC 060/10

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable de 1,5 mm d'épaisseur
- 2 Plaques d'aluminium de 8 mm d'épaisseur
- 3 Plaque de montage
- 4 Passage dans la plaque d'acier pour le DD

NOTE Les dimensions peuvent être augmentées pour les cas particuliers.

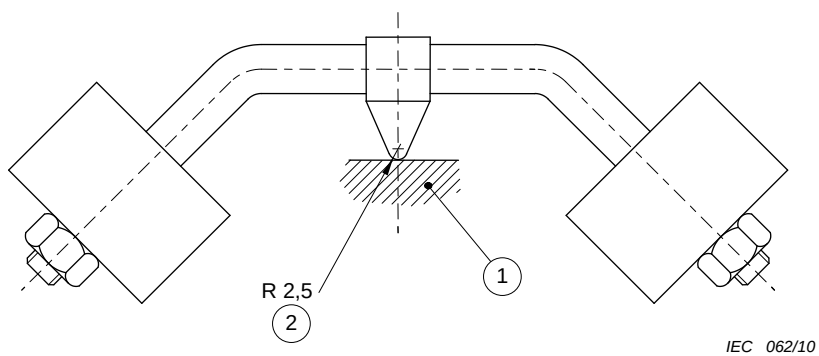
Figure 19 – Exemple de fixation du DD pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)



Légende

- 1 Rail
- 2 Corde

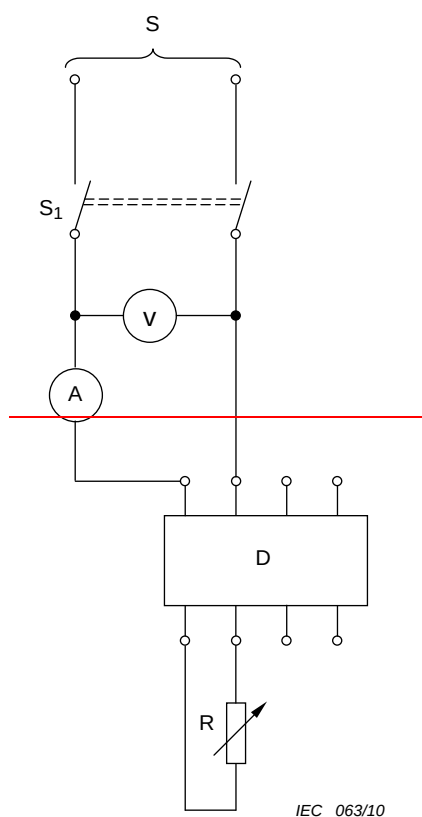
Figure 20 – Application de la force pour l'essai de choc mécanique du DD pour montage sur rail (9.13.2.2)



Légende

- 1 Echantillon
- 2 Sphérique

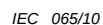
Figure 21 – Appareil pour l'essai à la bille (9.14.2)



Légende

- S — Alimentation
- S_1 — interrupteur bipolaire
- V — Voltmètre
- A — Ampèremètre
- D — DD
- R — Résistance variable

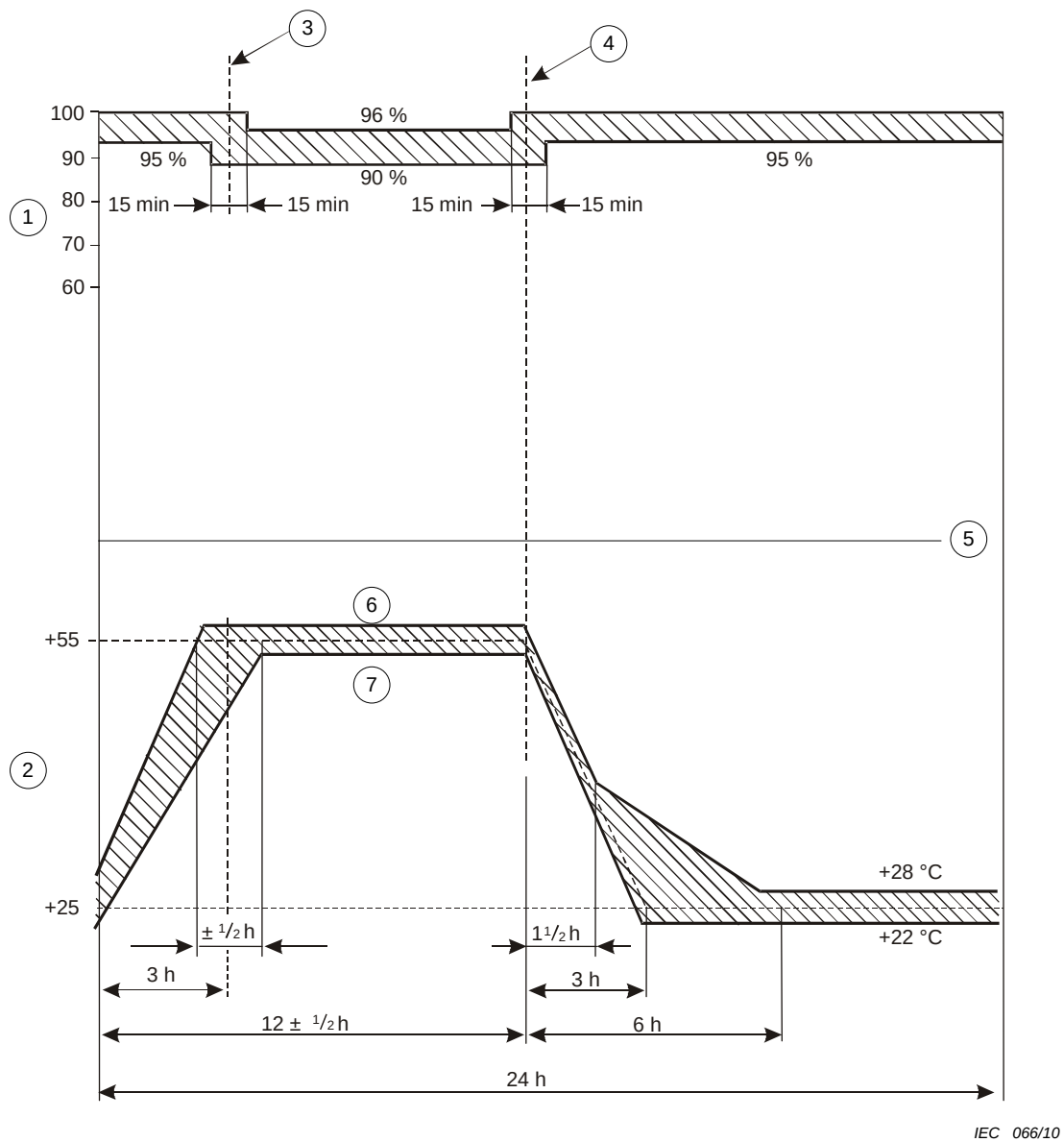
Figure 22 – Circuit d'essai pour la vérification de la valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tripolaire ou tétrapolaire (9.18) Vide



Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Période de stabilisation
- 4 Premier cycle
- 5 Temps requis pour atteindre 95 %-100 % d'humidité relative (inférieur ou égal à 1 h)
- 6 Temps
- 7 Début du premier cycle
- 8 Temps requis pour atteindre la stabilité thermique du spécimen en essai

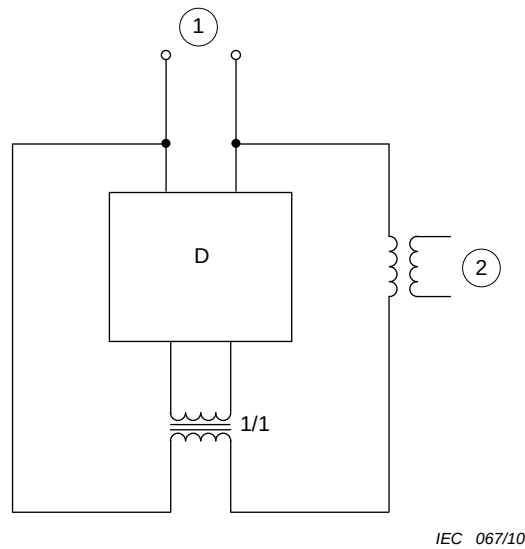
Figure 23 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.22.1.3)



Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Fin de l'élévation de température
- 4 Début de la diminution de température
- 5 Temps
- 6 Température supérieure +57 °C
- 7 Température inférieure +53 °C

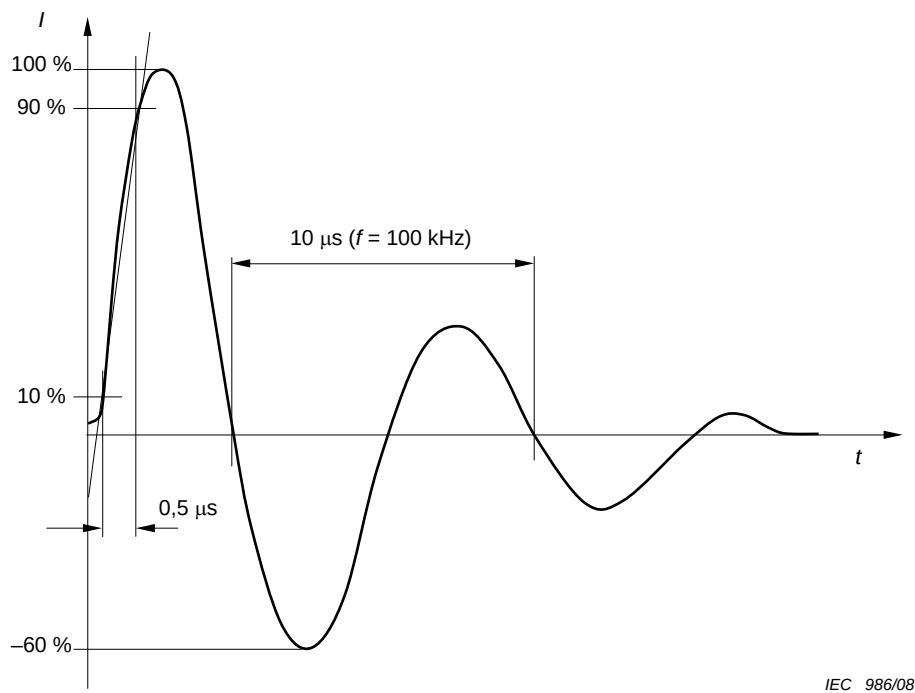
Figure 24 – Cycle d'essai de fiabilité (9.22.1.3)



IEC 067/10

- Légende**
- D DD en essai
 - 1 Alimentation à $1,1 U_n$
 - 2 Alimentation en courant

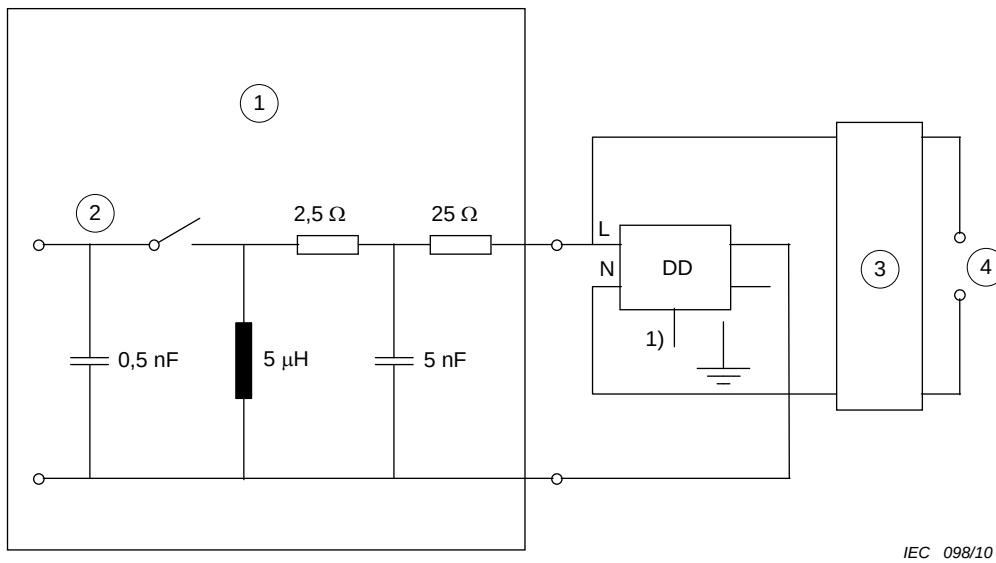
Figure 25 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.23)



IEC 986/08

NOTE Il convient de faire attention à ce que l'onde oscillatoire soit garantie au moins jusqu'à la 5ème période complète (50 μs).

Figure 26 – Onde de courant oscillatoire amortie, 0,5 μs /100 kHz



Légende

- 1 Générateur d'onde oscillatoire amortie 0,5 μ s/100 kHz
- 2 Déclencheur
- 3 Filtre
- 4 Alimentation

1) Si le DD possède une borne de terre, celle-ci doit être connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DD, ou à défaut, à l'une quelconque des bornes de phase.

Figure 27 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie

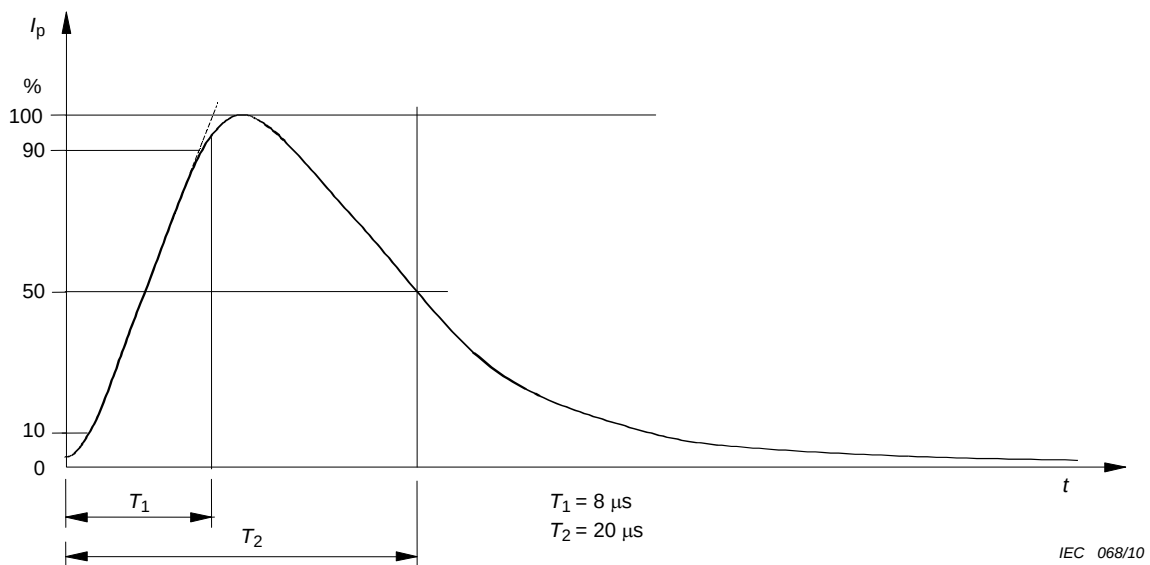
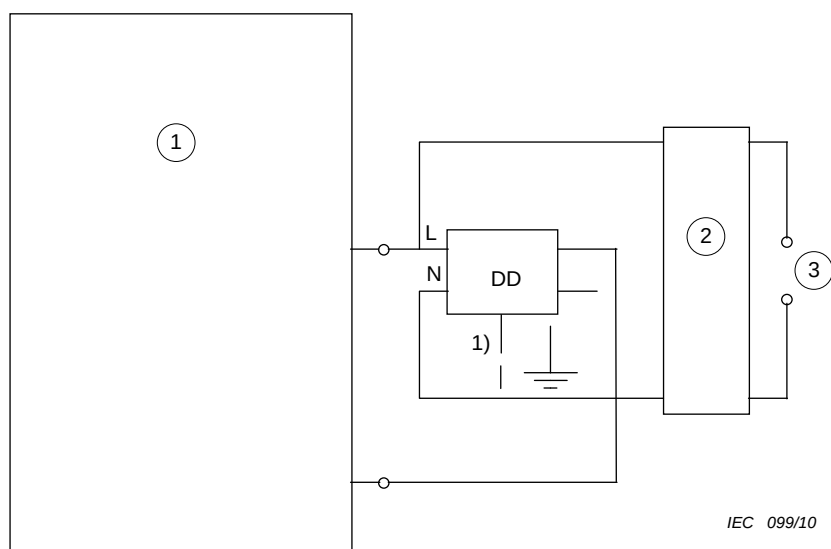


Figure 28 – Onde de courant 8/20 μ s



Légende

- 1 Générateur d'onde de courant 8/20 μ s
- 2 Filtre
- 3 Alimentation

- 1) Si le DD possède une borne de terre, celle-ci doit être connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DD, ou à défaut, à l'une quelconque des bornes de phase.

Figure 29 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde de courant

Annexe A (normative)

Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification³

A.1 Séquences d'essais

Les essais sont effectués en accord avec le Tableau A.1, les essais de chaque séquence étant effectués dans l'ordre indiqué.

Tableau A.1 – Séquences d'essais

Séquence d'essai		Article ou paragraphe	Essai ou examen
A		6 8.1.1 8.1.2 9.3 8.1.3 8.1.6 9.11 9.4 9.5 9.6 9.14 8.1.3 9.15	Marquage Généralités Mécanisme Indélébilité du marquage Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement) Non-interchangeabilité Mécanisme à déclenchement libre Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions Sûreté des bornes pour conducteurs externes Protection contre les chocs électriques Résistance à la chaleur Distances d'isolement et lignes de fuite (parties internes) Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		9.7 9.8 9.20 9.22.2 9.23	Propriétés diélectriques Echauffement Résistance de l'isolation à une onde de surtension Fiabilité à 40 °C Vieillessement des composants électroniques
C	C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (et 9.12.12)	Endurance mécanique et électrique Comportement aux courants de court-circuit réduits (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
	C ₂	9.12.11.2.2 (et 9.12.12)	Essai de court-circuit sur les DD pour vérifier leur aptitude à l'emploi en schémas IT (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
D ₀		9.9.1	Caractéristique de fonctionnement dans des conditions de courants différentiels résiduels
D ₁		9.17 9.19 9.21 9.12.13 9.16	Comportement en cas de défaut de la tension d'alimentation Comportement aux ondes de courant Composantes continues Fonctionnement à I_{Am} Dispositif de contrôle
E ₀		9.9.2 9.18	Caractéristique de fonctionnement dans des conditions de surintensité Valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tri- ou tétrapolaire
E ₁		9.13 9.12.11.3 (et 9.12.12)	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs Comportement au courant de court-circuit de 1 500 A
F ₀		9.12.11.4 b) (et 9.12.12)	Performance au pouvoir de coupure de service
F ₁		9.12.11.4 c) (et 9.12.12.2)	Performance au pouvoir de coupure assignée

³ Le terme « certification » recouvre, soit la Déclaration de Conformité par le constructeur, soit la Certification par Tierce Partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Séquence d'essai	Article ou paragraphe	Essai ou examen
G	9.22.1	Fiabilité (essais climatiques)
H ^a	~~CEI 61543 Tableau 4-T1.1~~ ~~CEI 61543 Tableau 4-T1.2~~ ~~CEI 61543 Tableau 5-T2.3~~	Harmoniques, interharmoniques Transmission de signaux sur le secteur Transitoires unidirectionnels à l'échelle ms ou µs
I	~~CEI 61543 Tableau 5-T2.1~~ ~~CEI 61543 Tableau 5-T2.5~~ ~~CEI 61543 Tableau 5-T2.2~~	Tensions ou courants induits oscillatoires Phénomènes émis à haute fréquence Transitoires unidirectionnels conduits à l'échelle ns (salves)
J	~~CEI 61543 Tableau 5-T2.6~~ ~~CEI 61543 Tableau 6-T3.1~~	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz Décharges électrostatiques
^a ~~Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.~~		

Séquence d'essai	Article ou paragraphe	Essai (ou examen)
A ₁	6 8.1.1 8.1.2 9.3 8.1.3 8.1.6 9.11 9.4 9.5 9.6 9.14 8.1.3 9.25	Marquage Généralités Mécanisme Indébité du marquage Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement) Non-interchangeabilité Mécanisme à déclenchement libre Sûreté des vis, parties transportant le courant et connexions Sûreté des bornes pour conducteurs externes Protection contre les chocs électriques Résistance à la chaleur Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement) Résistance à la rouille
A ₂	9.15	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B	9.7.7.4 9.7.7.5 ^a 9.7.1 9.7.2 9.7.3 9.7.4 9.7.7.2 9.7.5 9.7.6	Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale Résistance à l'humidité Résistance d'isolement du circuit principal Rigidité diélectrique du circuit principal Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc Circuit secondaire des transformateurs de détection Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal etc..

Séquence d'essai			Article ou paragraphe	Essai (ou examen))
			9.8 9.22.2 9.23	Echauffement Fiabilité à 40 °C Vieillissement des composants électroniques
C		C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (et 9.12.12)	Endurance mécanique et électrique Essais aux courants de court-circuit réduits (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
		C ₂	9.12.11.2.2 (et 9.12.12)	Essai de court-circuit sur les DD pour vérifier leur aptitude à l'emploi en schémas IT (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
D ₀			9.9.1	Caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courants différentiels résiduels
D ₁			9.17 9.19 9.12.13 9.16	Comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation Comportement en cas d'ondes de courant Performance à IΔm Dispositif de contrôle
			9.9.2	Caractéristique de fonctionnement en cas de surintensité
			9.13 9.12.11.3 (et 9.12.12)	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs Essai de court-circuit à 1 500 A
			9.12.11.4 b) (et 9.12.12)	Performance au pouvoir de coupure de service en court-circuit
F ₁			9.12.11.4 c) (et 9.12.12.2)	Performance au pouvoir de coupure assignée
G			9.22.1	Fiabilité (essais climatiques)
H ^{ab}			CEI 61543 ⁴ Tableau 4 – T1.1 CEI 61543 Tableau 4 – T1.2 CEI 61543 Tableau 5 – T2.3	Harmoniques, interharmoniques Transmission de signaux sur le secteur Transitoires unidirectionnels conduits à l'échelle ms et μs
			CEI 61543 Tableau 5 – T2.1 CEI 61543 Tableau 5 – T2.5 CEI 61543 Tableau 5 – T2.2	Tensions ou courants induits oscillatoires Champ électromagnétique rayonné Transitoires rapides (salves)
			CEI 61543 Tableau 5 – T2.6 CEI 61543 Tableau 6 -3.1	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz Décharge électrostatiques
a	Cet essai peut être effectué sur des échantillons séparés.			
b	Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.			

A.2 Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Si un DD seulement d'un courant assigné et d'un courant différentiel assigné donnés d'un type donné (nombre de pôles, déclenchement instantané) est présenté aux essais, le nombre d'échantillons à soumettre aux différentes séries d'essais est celui indiqué dans le Tableau A.2 où sont également indiqués les critères minimaux de performance.

Si tous les échantillons présentés selon la deuxième colonne du Tableau A.2 satisfont aux essais, la conformité à la norme est satisfaite. Si seul le nombre minimal donné dans la troisième colonne satisfait aux essais, des échantillons supplémentaires comme indiqué dans la quatrième colonne doivent être essayés et doivent alors satisfaire à la séquence d'essais.

⁴ Voir la CEI 61543:1995, Amendement 1:2004 et Amendement 2:2005.

Pour les DD ayant seulement un courant assigné, mais plus d'un courant différentiel résiduel, deux lots séparés d'échantillons doivent être soumis à chaque séquence d'essais, l'un réglé au courant différentiel le plus élevé, l'autre réglé au courant différentiel le plus faible.

Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essais totale

Séquence d'essais	Nombre d'échantillons	Nombre minimal d'échantillons acceptés qui doivent satisfaire aux essais ^{a, b}	Nombre ~~maximal~~ d'échantillons pour les essais recommencés ^c
A ₁	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C ₁	3	2 ^d	3
C ₂	3	2 ^d	3
D	3	2 ^d	3
E	3	2 ^d	3
F ₀	3	2 ^d	3
F ₁	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a Au total, un maximum de trois séquences d'essais peut être recommencé.

^b On suppose que tout échantillon qui n'a pas satisfait à un essai n'a pas répondu aux exigences en raison de défauts à la fabrication ou au montage qui ne sont pas représentatifs de la conception.

^c En cas d'essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.

^d A l'exception des essais des 9.12.10, 9.12.11.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 et 9.12.13, selon le cas, que tous les échantillons doivent satisfaire.

^e A la demande du constructeur, le même groupe d'échantillons peut être soumis à plus d'une seule de ces séquences d'essais.

A.3 Nombre d'échantillons soumis à une procédure simplifiée en cas de présentation simultanée d'une série de disjoncteurs de même conception de base

A.3.1 Si une famille de DD de même conception de base ou une extension à une telle série de DD est présentée pour la certification, le nombre d'échantillons à essayer peut être réduit suivant les Tableaux A.3, A.4 et A.5.

NOTE Pour le besoin de cette annexe, le terme «même conception de base» couvre une famille de DD ayant une série de courants assignés (I_n), une série de courants différentiels résiduels ($I_{\Delta n}$) et des nombres différents de pôles.

Des DD peuvent être considérés comme étant de même conception de base si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) ils dérivent du même modèle fondamental; en particulier il ne doit pas y avoir de types dépendants et indépendants de la tension d'alimentation dans la même famille;
- 2) les dispositifs différentiels ont des mécanismes de déclenchements identiques et des relais ou solénoïdes identiques à l'exception des variations permises en c) et d) ci-dessous;

- 3) les matériaux, finitions et dimensions des parties intérieures transportant du courant sont identiques hormis les différences explicitées en a) ci-dessous;
- 4) les bornes sont de conceptions similaires (voir b) ci-dessous);
- 5) la taille, la matière, la configuration et la méthode de fixation des contacts sont identiques;
- 6) le mécanisme de commande manuelle, les matériaux et les caractéristiques physiques sont identiques;
- 7) le moulage et les matériaux isolants sont identiques;
- 8) la méthode, les matériaux et la construction du système d'extinction de l'arc sont identiques;
- 9) la conception de base du dispositif de détection différentiel est identique pour un type de caractéristique donné, excepté les différences permises en c) ci-dessous;
- 10) la conception de base du dispositif de déclenchement différentiel, excepté les différences permises en d) ci-dessous, est identique;
- 11) la conception de base du dispositif de contrôle, excepté les différences permises en e) ci-dessous, est identique.

Les différences suivantes sont autorisées sous réserve que les DD satisfassent en tous autres points aux exigences détaillées ci-dessus:

- a) aire de la section droite des connexions internes transportant du courant et longueurs des connexions au tore;
- b) dimensions des bornes;
- c) nombre de spires et aire de la section droite des enroulements et matériau du noyau du transformateur différentiel;
- d) la sensibilité du relais et/ou le circuit électronique associé s'il y a lieu;
- e) la valeur ohmique du dispositif produisant les ampères tours maximaux nécessaires pour se conformer à l'essai du 9.16. Le circuit peut être raccordé entre phases ou entre phase et neutre.

A.3.2 Pour les DD de même classification selon le mode de fonctionnement (4.1), de même classification selon le comportement en présence d'une composante continue (4.6) et de même classification selon la temporisation (4.7), ayant un courant assigné et un courant de fonctionnement différentiel assigné différents, le nombre d'échantillons à essayer peut être réduit selon le Tableau A.3.

Tableau A.3 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essais simplifiée

Séquence d'essai	Nombre d'échantillons en fonction du nombre de pôles ^{a, g}		
	2 pôles ^{b, c}	3 pôles ^{d, f, j}	4 pôles ^e
A ₁	1 I _n max. I _{Δn} min.	1 I _n max. I _{Δn} min.	1 I _n max. I _{Δn} min.
A ₂	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
B	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
C	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
D ₀ + D ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
D ₀	1 pour tous les autres I _{Δn} avec I _n max.		
E ₀ + E ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
E ₀	1 ⁱ pour tous les autres I _n avec I _{Δn} min.		
F ₀	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
	3 I _n min. I _{Δn} max. rating	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.
F ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.
G	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
H ^k	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
I	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
J	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
^a Si un essai doit être répété selon le critère de performance minimal de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.			
^b Si seuls des DD tripolaires ou tétrapolaires sont soumis à cette procédure, cette colonne doit aussi être appliquée au lot d'échantillons ayant le plus petit nombre de pôles.			
^c Egalement applicable aux DD unipolaires avec neutre, non coupé et aux DD bipolaires avec un pôle protégé.			
^d Egalement applicable aux DD tripolaires avec 2 pôles protégés.			
^e Egalement applicable aux DD tripolaires avec neutre non coupé et aux DD tétrapolaires avec 3 pôles protégés.			
^f Cette colonne est omise dans le cas où des DD tétrapolaires ont été essayés.			
^g Si une valeur de I _{Δn} seulement est soumise, I _{Δn} min. et I _{Δn} max. sont remplacés par I _{Δn} .			
^h Seulement le nombre le plus élevé de voies de courant.			
ⁱ Pour cette séquence seul l'essai du 9.9.2 est exigé.			
^j Si un DD tripolaire avec 4 voies de courant et un DD tétrapolaire sont soumis à cette procédure, alors seul le DD tétrapolaire est essayé, avec une exception pour l'essai du 9.8 de la séquence d'essai B pour laquelle les deux types sont soumis à l'essai.			

^k Si l'exigence pour tester le calibrage max I_n et le calibrage min $I_{\Delta n}$ ne couvre pas toute la gamme possible de DDs (RCBOs), le minimum $I_{\Delta n}$ sera choisi pour le test dans tous les cas.

A.3.3 Pour une sous-famille de DD de même conception de base que ceux décrits en A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classe de déclenchement instantané différente selon le 4.11, soumise ultérieurement aux essais, le nombre d'échantillons et les séquences pris selon le Tableau A.3 peuvent être réduits selon le Tableau A.4.

Tableau A.4 – Séquences d'essais pour les DD ayant des courants de déclenchement instantanés différents

Type de DD essayé en premier	Séquence d'essais pour d'autres types de DD		
	Type B	Type C	Type D
Type B	–	$(E_0 + E_1) + F$	$(E_0 + E_1) + F$
Type C	$E_0^a + B^a$	–	$(E_0 + E_1) + F$
Type D	$E_0^a + B^a$	$E_0^a + B^{a, b}$	–

^a Pour ces essais, seuls les essais des 9.8 et 9.9.2.2 sont requis.

^b Quand la certification est requise simultanément pour les DD de type B, C et D ayant le même pouvoir de coupure assigné, seul E_0 est requis si les échantillons de type B et C ont été testés.

A.3.4 Pour une sous-famille de DD de la même conception de base que ceux décrits au A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classification de temporisation différente selon le 4.7, soumise ultérieurement aux essais, le nombre supplémentaire d'échantillons et de séquences doit être celui donné au Tableau A.3 excepté que les séquences A, B, et E_0 peuvent être omises.

A.3.5 Pour une sous-famille de DD de la même conception de base que ceux décrits au A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classification relative au comportement en présence de composantes continues selon le 4.6 différente, soumise ultérieurement aux essais, le nombre supplémentaire d'échantillons et de séquences peut être réduit selon le Tableau A.5.

Tableau A.5 – Séquences d'essais pour les DD de classifications différentes selon 4.6

Séquence d'essai	Nombre d'échantillons en fonction du nombre de pôles ^a		
	2-pôles ^{b, c}	3-pôles ^{d, f}	4-pôles ^e
D_0 et D_1	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.
D_0	1 pour tous les autres $I_{\Delta n}$ avec I_n max.		

^a Si un essai doit être répété selon le critère de performance minimal de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.

^b Si seuls des DD tripolaires ou tétrapolaires sont soumis à cette procédure, cette colonne doit être appliquée au lot d'échantillons ayant le plus petit nombre de pôles au lieu de la colonne appropriée.

^c Egalement applicable aux DD unipolaires avec neutre, non coupé et aux DD bipolaires avec un pôle protégé.

^d Egalement applicable aux DD tripolaires avec deux pôles protégés.

^e Egalement applicable aux DD tripolaires avec neutre non coupé et aux DD tétrapolaires avec trois pôles protégés.

^f Cette colonne est omise dans le cas où des DD tétrapolaires ont été essayés.

Annexe B (normative)

Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite

~~Pour la détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite, il est recommandé de tenir compte des points suivants:~~

~~Si une distance d'isolement dans l'air ou une ligne de fuite est influencée par une ou plusieurs pièces métalliques, il est nécessaire que la somme des sections soit au moins égale à la valeur minimale prescrite.~~

~~Les sections individuelles inférieures à 1 mm ne sont pas à prendre en considération dans le calcul de la longueur totale des distances d'isolement et des lignes de fuite.~~

~~Pour la détermination d'une ligne de fuite~~

- ~~— les rainures de profondeur et de largeur au moins égales à 1 mm doivent être mesurées le long de leur contour;~~
- ~~— les rainures ayant une de leurs dimensions inférieure à cette valeur sont à négliger;~~
- ~~— les nervures de hauteur au moins égales à 1 mm~~
 - ~~• sont mesurées le long de leur contour, si elles font partie intégrante d'une pièce en matière isolante (par exemple par moulage, soudage ou collage);~~
 - ~~• sont mesurées en suivant le plus court des deux trajets: longueur du joint ou du profil de la nervure, si elles ne font pas partie intégrante d'une pièce en matière isolante.~~

~~L'application des recommandations qui précèdent est illustrée comme suit:~~

- ~~— les Figures B.1, B.2 et B.3 indiquent la manière de tenir compte ou de ne pas tenir compte de la présence d'une rainure dans une ligne de fuite;~~
- ~~— les Figures B.4 et B.5 indiquent la manière de tenir compte ou de ne pas tenir compte de la présence d'une nervure dans une ligne de fuite;~~
- ~~— la Figure B.6 illustre la manière de tenir compte du joint dans le cas d'une nervure obtenue par insertion d'une barrière isolante, lorsque le profil extérieur de la nervure a une longueur supérieure à celle du joint;~~
- ~~— les Figures B.7, B.8, B.9 et B.10 illustrent la manière de déterminer la ligne de fuite dans le cas de moyens de fixation situés dans des évidements dans des parties isolantes de matériaux isolants.~~

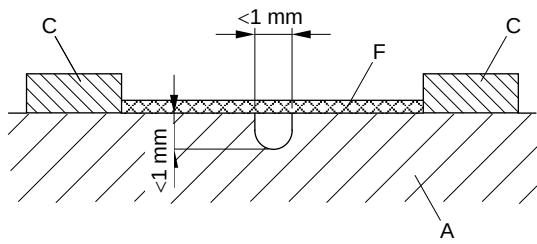


Figure B.1

IEC 071/10

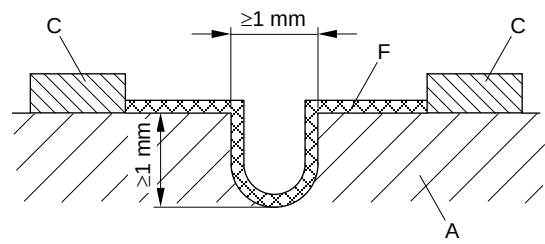


Figure B.2

IEC 072/10

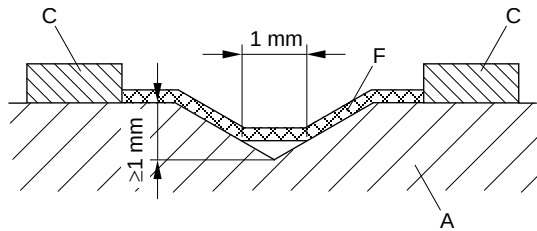


Figure B.3

IEC 073/10

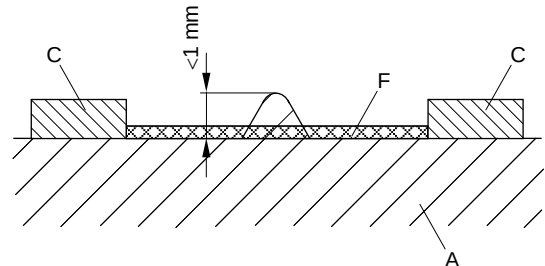


Figure B.4

IEC 074/10

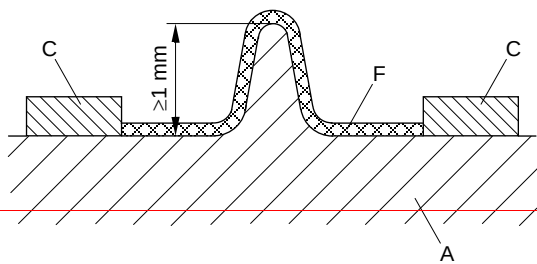


Figure B.5

IEC 075/10

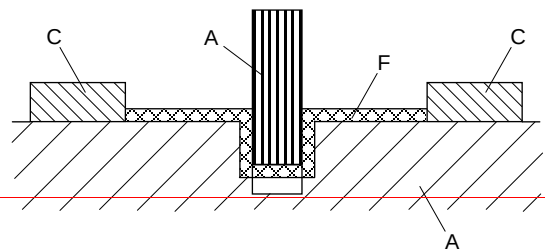


Figure B.6

IEC 076/10

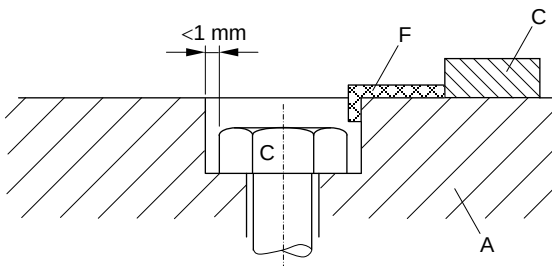


Figure B.7

IEC 077/10

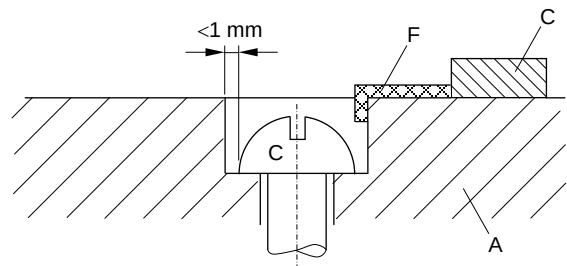


Figure B.8

IEC 078/10

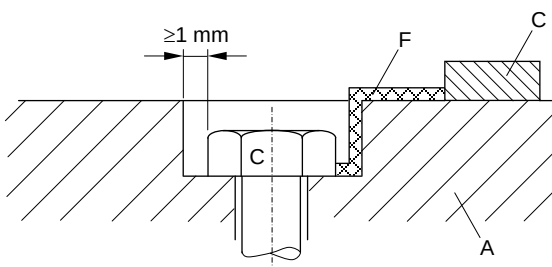


Figure B.9

IEC 079/10

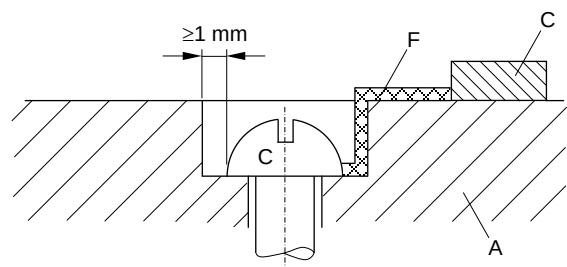


Figure B.10

IEC 080/10

Légende

- A — Matière isolante
- C — Partie conductrice
- F — Ligne de fuite

Figures B.1 à B.10 — Illustrations de l'application des lignes de fuite

B.1 Généralités

Pour la détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite, il est recommandé de tenir compte des points suivants.

B.2 Orientation et emplacement d'une ligne de fuite

Si nécessaire, le fabricant doit indiquer l'orientation prévue de l'équipement ou du composant de manière que les lignes de fuite ne soient pas malencontreusement détériorées par une accumulation de pollution pour laquelle elles n'étaient pas conçues.

B.3 Lignes de fuite lorsque plus d'un matériau est utilisé

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties de différents matériaux et/ou peut avoir différents degrés de pollution si une des lignes de fuite est dimensionnée pour résister à la tension totale ou si la distance totale est dimensionnée en fonction du matériau ayant l'IRC le plus faible et le degré de pollution le plus élevé.

B.4 Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties, dans le même matériau isolant, y compris ou séparée par des conducteurs flottants sous réserve que la somme des distances le long de chaque partie individuelle soit supérieure ou égale à la ligne de fuite exigée si la partie flottante n'existait pas.

La distance minimale X pour chaque partie individuelle de la ligne de fuite est donnée en 6.2 de la CEI 60664-1:2007 (voir aussi Exemple 11 à la Figure B.1).

B.5 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Pour déterminer les lignes de fuite selon la CEI 60664-1, la dimension X spécifiée dans les exemples suivants a une valeur minimale de 1,0 mm pour un degré de pollution 2.

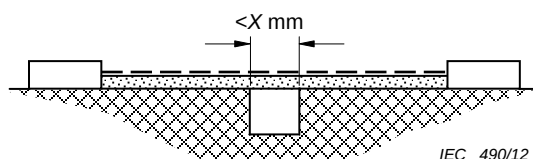
Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur X minimale peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans la Figure B.1. Ces exemples ne font pas de différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

- tout puit est supposé être ponté par une liaison isolante de longueur égale à la largeur X spécifiée et placée dans la position la plus défavorable (voir Exemple 3);
- lorsque la distance au-dessus d'une rainure est supérieure ou égale à la largeur spécifiée X , la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir Exemple 2);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties mobiles l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.

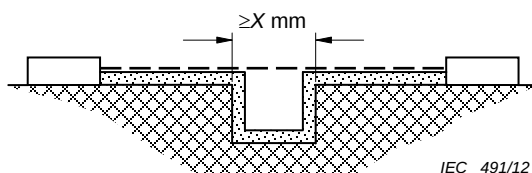
Exemple 1



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

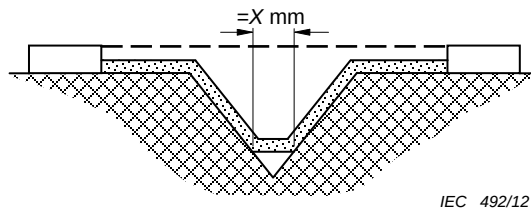
Exemple 2



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

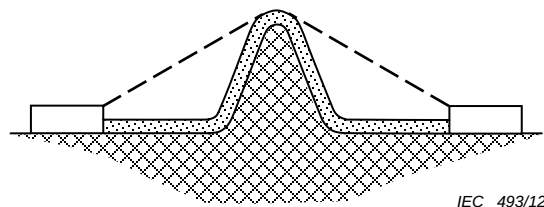
Exemple 3



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais «court-circuite» le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

Exemple 4



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

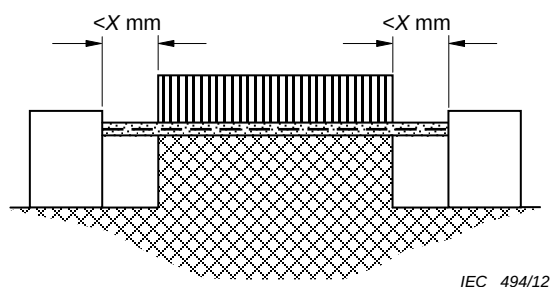


Distance d'isolement dans l'air



Ligne de fuite

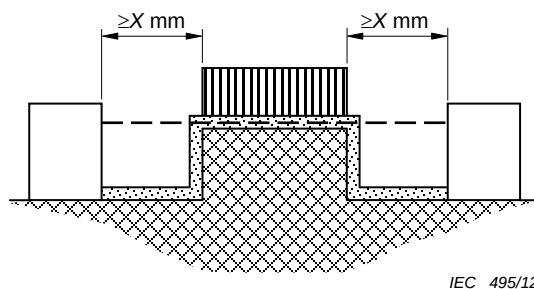
Exemple 5



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée cidessus.

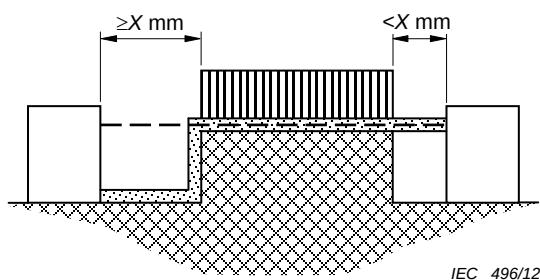
Exemple 6



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures

Exemple 7



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

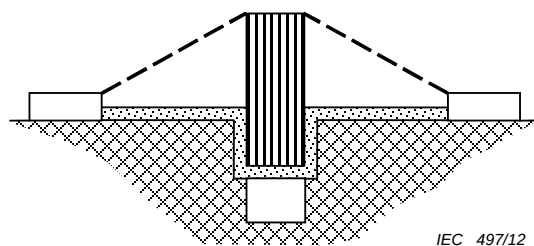
Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

— — — Distance d'isolement dans l'air



Ligne de fuite

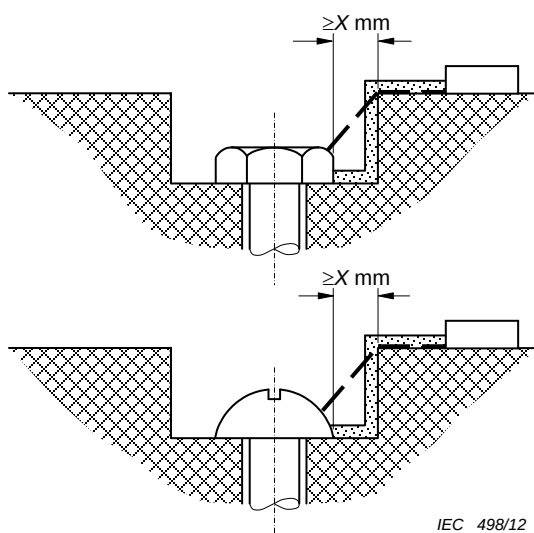
Exemple 8



Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par dessus la barrière.

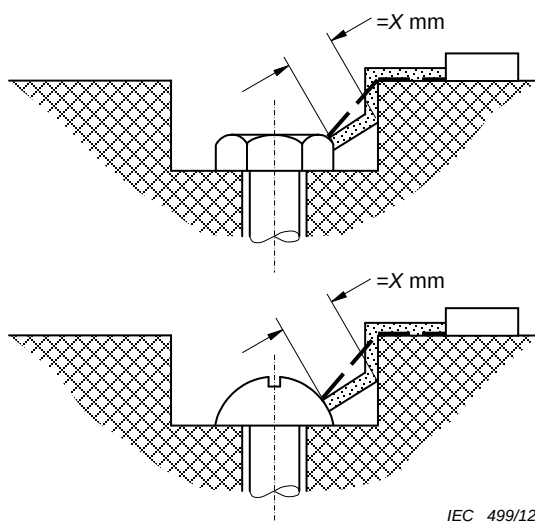
Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par dessus le sommet de la barrière.

Exemple 9



Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

Exemple 10



Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

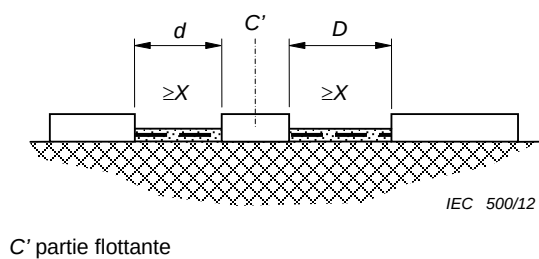


Distance d'isolement dans l'air



Ligne de fuite

Exemple 11



Distance d'isolement = $d + D$

Ligne de fuite = $d + D$

— — — Distance d'isolement dans l'air  Ligne de fuite

Figure B.1 – Exemples de méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Annexe C (normative)

Disposition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit

L'appareil à essayer est installé comme il est décrit en Figure C.1, ce qui peut nécessiter une adaptation aux spécificités de l'appareil, et en accord avec les instructions du constructeur.

Lorsqu'elle est spécifiée, c'est-à-dire pendant les opérations «O», une feuille transparente de polyéthylène d'épaisseur $(0,05 \pm 0,01)$ mm, qui dépasse 50 mm dans toutes les directions les dimensions hors-tout de la face avant de l'appareil mais pas moins que 200 mm × 200 mm, est fixée, raisonnablement tendue dans un cadre placé à 10 mm

- soit de la position la plus débordante de l'organe de manœuvre pour un appareil dont l'organe de manœuvre ne se trouve pas dans un renforcement,
- soit du bord du renforcement pour un appareil dont l'organe de manœuvre se trouve dans un renforcement.

Il convient que la feuille ait les propriétés physiques suivantes:

Masse volumique à 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$

Point de fusion: $110 \text{ °C} - 120 \text{ °C}$.

Lorsqu'elle est spécifiée, une barrière en matériau isolant, d'au moins 2 mm d'épaisseur, est placée, comme il est décrit en Figure C.1, entre l'orifice d'échappement et la feuille de polyéthylène, pour empêcher qu'elle soit endommagée par des particules brûlantes projetées par cet orifice.

Lorsqu'elles sont spécifiées, une ou des grilles conformes à la Figure C.2, sont placées à une distance «a» mm de chaque orifice d'échappement de l'appareil.

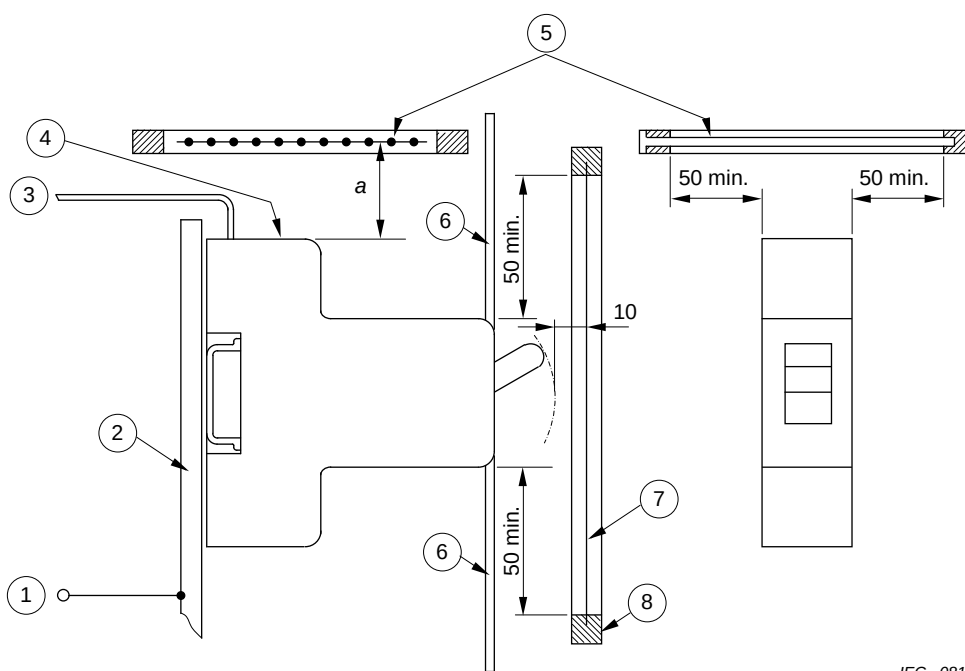
Le circuit de grille (voir Figure C.3) doit être connecté aux points B et C (voir Figures 7-à 12 ou 8, selon le cas).

Les paramètres du circuit de grille sont les suivants:

Résistance R': $1,5 \Omega$

Fil de cuivre F': longueur 50 mm et diamètre selon le 9.12.9.1.

Dimensions en millimètres

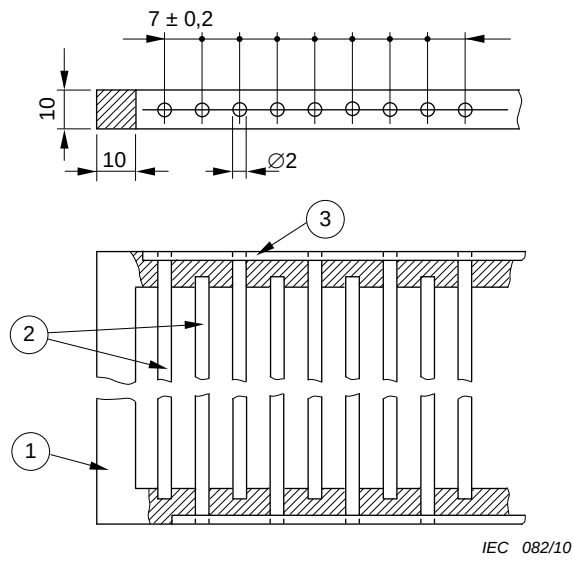


IEC 081/10

Légende

- 1 Vers le fusible F
- 2 Plaque métallique
- 3 Câble
- 4 Orifice d'échappement
- 5 Grille
- 6 Barrière
- 7 Feuille de polyéthylène
- 8 Châssis

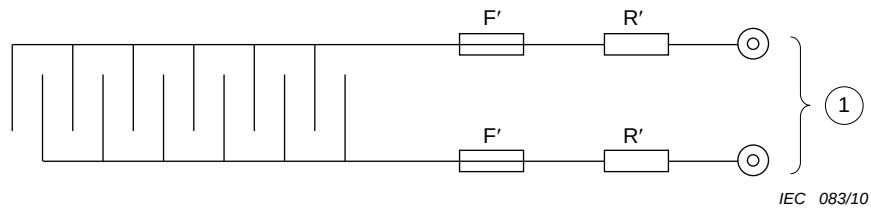
Figure C.1 – Dispositif d'essai



Légende

- 1 Châssis en matériau isolant
- 2 Fils de cuivre
- 3 Raccordement métallique des fils de cuivre

Figure C.2 – Grille



Légende

- 1 Raccordés aux points B et C (Voir Figure 7-à 12 ou 8, selon le cas)

Figure C.3 – Circuit de grille

Annexe D (normative)

Essais individuels

D.1 Généralités

Les essais spécifiés dans la présente norme sont destinés à déceler, dans la mesure où la sécurité est en cause, les changements inacceptables de matière ou de fabrication.

En général, il faut effectuer des essais supplémentaires pour s'assurer que chaque DD est conforme aux échantillons qui ont satisfait aux essais de la présente norme, selon l'expérience acquise par le constructeur.

D.2 Essai de déclenchement

On fait passer un courant résiduel alternativement dans chacun des pôles du DD. Le DD ne doit pas déclencher pour un courant inférieur ou égal à $0,5 I_{\Delta n}$, mais il doit déclencher à $I_{\Delta n}$ dans un temps prescrit (voir Tableau 2).

Le courant d'essai doit être appliqué au moins cinq fois à chaque DD et doit être appliqué au moins deux fois à chaque pôle.

D.3 Essai diélectrique

Une tension pratiquement sinusoïdale de 1 500 V, de fréquence 50 Hz/60 Hz, est appliquée pendant 1 s comme suit:

- a) le DD étant dans la position «ouvert», entre chaque paire de bornes qui sont reliées électriquement entre elles lorsque le DD est dans la position «fermé»;
- b) pour les DD ne comportant pas de composants électroniques, le DD étant dans la position «fermé», à tour de rôle entre chaque pôle et les autres reliés entre eux;
- c) pour les DD comportant des composants électroniques, le DD étant dans la position «ouvert», soit entre toutes les bornes d'entrée des pôles à tour de rôle, soit entre toutes les bornes de sorties des pôles à tour de rôle, en fonction de la position des composants électroniques.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni contournement, ni perforation.

D.4 Fonctionnement du dispositif d'essai

Le DD étant en position fermé et connecté à une alimentation de la tension appropriée, le dispositif d'essai, lorsqu'il est manœuvré, doit provoquer l'ouverture du DD.

Lorsque le dispositif d'essai est destiné à fonctionner avec plus d'une valeur de la tension assignée, l'essai doit être effectué à la plus faible valeur de la tension assignée.

Annexe E (normative)

Exigences particulières pour les circuits auxiliaires pour très basse tension de sécurité

Paragraphe 8.1.3 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

La note suivante s'applique au Tableau 7:

NOTE 1 Il convient que les parties actives des circuits auxiliaires destinés à être à très basse tension de sécurité séparent des circuits à des tensions plus élevées conformément aux exigences du 414.4.3 de la CEI 60364-4-41:2005.

Paragraphe 9.7.4 – Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

Ajouter ce qui suit au point b):

NOTE Un essai pour les circuits destinés au raccordement à très basse tension de sécurité est à l'étude.

Ajouter ce qui suit aux notes du point c):

NOTE 5 Les valeurs des tensions d'essai des circuits destinés au raccordement à très basse tension de sécurité sont à l'étude.

Annexe F (normative)

Coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit

L'information donnée dans l'Annexe D de la CEI 60898-1:2002 pour assurer la coordination entre disjoncteurs et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit peut également s'appliquer pour assurer la coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit.

Annexe G (normative)

Exigences supplémentaires et essais pour les disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur et d'un déclencheur différentiel adaptable destinés à être assemblés sur site

G.1 Généralités

La partie de cette norme s'applique dans tous ses aspects aux dispositifs couverts par cette annexe à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

G.2 Champ d'application

Cette annexe s'applique aux disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur satisfaisant aux exigences de la CEI 60898-1 et d'un déclencheur différentiel adaptable conçu pour être assemblé sur site selon les instructions du constructeur.

G.3 Définitions

Ajouter la définition suivante en référence avec l'Article 3 de cette norme:

3.3.23 **déclencheur différentiel adaptable** DDA

dispositif assurant simultanément les fonctions de détection du courant différentiel résiduel et la comparaison de la valeur de ce courant avec la valeur du déclenchement différentiel résiduel et comprenant le moyen d'actionner le mécanisme de déclenchement d'un disjoncteur avec lequel il est destiné à être assemblé

G.4 Marquage et autres informations sur le produit

G.4.1 Nom du constructeur ou marque commerciale

En référence à l'Article 6 point a) de cette norme, le disjoncteur et le déclencheur différentiel adaptable, avec lequel il doit être assemblé, doivent porter le même nom de constructeur ou la même marque commerciale.

G.4.2 Marquage

G.4.2.1 Marquage du disjoncteur

Le marquage du disjoncteur doit être en accord avec la CEI 60898-1.

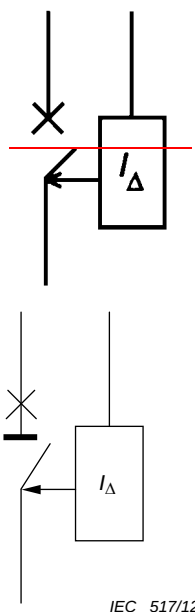
G.4.2.2 Marquage du déclencheur différentiel adaptable (DDA)

Le déclencheur différentiel adaptable doit être marqué des points suivants, en référence à l'Article 6 de cette norme:

a), b), c), e), f), g), k), m), n), q) et, si nécessaire, l).

De plus, le DDA doit être marqué

- du courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel il peut être assemblé (par exemple ~~60-63~~ A max.)
- du symbole:



~~NOTE — Il est recommandé que les références des disjoncteurs avec lesquels le DDA peut être assemblé soient marquées.~~

G.4.2.3 Marquage de l'assemblage du disjoncteur et du DDA (DD)

Les marques suivantes ~~sur le DDA~~ spécifiées au G.4.2.2 ne doivent pas être visibles après l'assemblage:

- c)
- courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel le DDA peut être assemblé
- ~~k)~~

Le marquage l) du DDA, s'il y a lieu, doit rester visible après assemblage.

G.4.3 Instructions d'assemblage et de fonctionnement

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le DDA.

Ces instructions doivent couvrir au moins ce qui suit:

- référence de(s) type(s) et numéro(s) de catalogue couvrant les courants et tensions assignés, nombre de pôles, etc. du disjoncteur avec lequel le DDA est destiné à être assemblé;

~~NOTE — Le nombre de voies de courant du DD correspond au nombre de voies de courant du DDA. Une liaison ou une borne de neutre peut remplacer le pôle neutre du disjoncteur.~~

- facteur(s) de déclassement, s'il y a lieu;
- ~~méthode d'assemblage;~~
- nécessité de contrôler le fonctionnement normal après assemblage pour vérifier le fonctionnement mécanique;
- vérification du fonctionnement du déclenchement en utilisant le bouton d'essai.

G.5 Exigences de construction

G.5.1 Généralités

~~La conception doit être telle que:~~

- ~~a) il ne soit possible d'assembler le DD sur site qu'une seule fois; et~~
- ~~b) tout désassemblage laisse des dommages permanents et visibles.~~

La conception doit être telle qu'il soit possible d'assembler le DD sur site.

La conception doit être telle que cet appareil puisse être démonté sur site conformément aux instructions du fabricant.

Pour les dispositifs déclarés non appropriés au démontage, le désassemblage doit laisser des dommages permanents visibles.

La conformité est vérifiée selon G.6.4.

G.5.2 Degré de protection

Le degré de protection d'un DDA ne doit pas être inférieur à celui du disjoncteur avec lequel il doit être assemblé.

G.5.3 Exigences mécaniques

Le disjoncteur et le DDA doivent s'assembler facilement dans la position correcte et la conception doit être telle qu'elle empêche un assemblage incorrect.

Il ne doit pas y avoir de parties séparées pour le couplage des mécanismes de déclenchement.

Les moyens de fixation pour l'assemblage doivent être imperdables.

NOTE Les capots de bornes, s'il y a lieu, ne sont pas couverts par cette exigence.

G.5.4 Compatibilité électrique

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'une tension assignée donnée avec un DDA d'une tension assignée plus faible.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'un courant assigné donné avec un DDA d'un courant maximal marqué plus faible (voir G.4.2.2).

Les bornes du DDA doivent être capables de serrer la série des sections des conducteurs spécifiés au Tableau 5 de la CEI 60898-1:2002 pour les courants assignés des disjoncteurs avec lesquels il est conçu pour être assemblé.

Les interconnexions électriques entre le DDA et le disjoncteur avec lequel il doit s'assembler doivent être attenantes au DDA.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'un pouvoir assigné de court-circuit donné avec un DDA tel que les performances en court-circuit en soient diminuées.

La conformité est vérifiée par examen visual et par essai manuel.

G.6 Essais de type et vérifications

G.6.1 Essais sur les disjoncteurs

Le disjoncteur doit satisfaire aux essais de type de la CEI 60898-1.

G.6.2 Essais sur les DDA

Le DDA doit satisfaire aux essais de type suivant spécifiés au Tableau 12 de cette norme: essais des 9.3, 9.4, 9.5, 9.11 (si applicable), 9.14 et 9.15.

G.6.3 Essais sur l'assemblage du disjoncteur et du DDA (DD)

Les essais de type spécifiés au Tableau 12 de cette norme s'appliquent aux disjoncteurs différentiels (DD) couverts par cette annexe à l'exception de ce qui suit:

- les 9.3, 9.5, 9.9.2.3, 9.14 et 9.15 ne s'appliquent pas;
- pour le 9.4, les essais doivent être faits sur l'interconnexion entre le disjoncteur et le DDA;
- le 9.12 s'applique à l'exception du 9.12.11.3, à moins que I_{cn} soit égal à 1 500 A, et du 9.12.11.4 b).
- Le courant conventionnel de non déclenchement 1,13 I_n doit être remplacé partout par I_n .

G.6.4 Vérification du marquage et des exigences de construction des DD

~~La conformité avec les exigences des G.4.1, G.4.2, G.4.3, G.4.1, G.5.2 et G.5.4 doit être vérifiée par inspection et des essais manuels le cas échéant.~~

~~La conformité avec les exigences du G.5.3 est vérifiée en particulier en s'assurant que l'assemblage du disjoncteur et du DDA dans toute position différente de la position correcte n'est pas possible. Ceci s'applique également aux différentes positions de l'organe de manœuvre et des moyens de couplage.~~

~~La conformité avec les exigences de G.4.1, G.4.2, G.4.3, G.5.1, G.5.2, G.5.3 et G.5.4 doit être vérifiée par examen visuel et par essai manuel, selon le cas.~~

~~Pour les appareils déclarés aptes à être démontés, la conformité des exigences de G.5.1 est vérifiée par le test suivant à réaliser au début de la séquence d'essai D_0 dans le Tableau A.1.~~

~~Le nombre d'échantillons doit être conforme à la séquence d'essai D_0+D_1 du Tableau A.3.~~

~~Le DDA et le disjoncteur compatible tels que déclarés par le fabricant doivent être montés et démontés cinq fois. Le DDA et le disjoncteur compatible sont ensuite assemblés et utilisés pour l'essai de la séquence d'essai D_0 . Après chaque assemblage, le fonctionnement correct de l'ensemble doit être vérifié en utilisant le bouton de test. Le DD doit déclencher à chaque fois.~~

G.7 Essais individuels sur le DDA

L'Annexe D s'applique, mais les essais doivent être faits sur les DDA en association avec un disjoncteur d'essai ajusté pour les conditions les plus défavorables.

Annexe H (informative)

Vide

Annexe IA (informative)

Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit

Il n'existe pas de méthode uniforme permettant de déterminer avec précision le facteur de puissance d'un court-circuit. Deux exemples de méthodes acceptables sont donnés dans la présente annexe.

Méthode I – Détermination d'après la composante continue

L'angle φ peut être déterminé d'après la courbe de la composante continue de l'onde du courant asymétrique entre l'instant du court-circuit et l'instant de la séparation des contacts, comme suit:

La formule de la composante continue est:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

où

i_d est la valeur de la composante continue à l'instant t ;

i_{do} est la valeur de la composante continue à l'instant choisi comme origine du temps;

L/R est la constante du temps du circuit, en secondes;

t est le temps en secondes, compté à partir de l'instant initial;

e est la base des logarithmes népériens.

La constante de temps L/R peut être déterminée d'après la formule ci-dessus comme suit:

- mesurer la valeur de i_{do} à l'instant du court-circuit et la valeur de i_d à un autre instant t , avant la séparation des contacts;
- déterminer la valeur de $e^{-Rt/L}$ en divisant i_d par i_{do} ;
- d'après une table des valeurs de e^{-x} déterminer la valeur de $-x$ correspondant au rapport i_d/i_{do} ;
- la valeur x représente alors Rt/L , d'où l'on tire L/R .

Déterminer l'angle φ à partir de:

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

où ω est 2π fois la fréquence réelle.

Cette méthode n'est pas applicable lorsque les courants sont mesurés à l'aide des transformateurs de courant.

Méthode II – Détermination avec un générateur pilote

Lorsqu'il est fait usage d'un générateur pilote monté sur l'arbre du générateur d'essai, la tension du générateur pilote sur l'oscillogramme peut être comparée du point de vue de l'angle de phase d'abord à celle du générateur d'essai et ensuite au courant du générateur d'essai.

La différence d'angle de phase entre la tension du générateur pilote et celle du générateur principal d'une part, entre la tension du générateur pilote et le courant du générateur principal d'autre part, donne l'angle de phase entre la tension et le courant du générateur d'essai, à partir duquel on peut déterminer le facteur de puissance.

Annexe IB (informative)

Glossaire des symboles

Courant assigné	I_n
Courant différentiel	I_{Δ}
Courant différentiel de fonctionnement assigné	$I_{\Delta n}$
Courant différentiel de non-fonctionnement assigné	$I_{\Delta no}$
Tension assignée	U_n
Tension d'emploi assignée	U_e
Tension d'isolement assignée	U_i
Pouvoir de coupure et de fermeture assigné	I_m
Pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné	$I_{\Delta m}$
Courant conditionnel de court-circuit assigné	I_{nc}
Courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné	$I_{\Delta c}$
Valeur limite de la tension d'alimentation à laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation continue de fonctionner	U_{χ}
Valeur limite de la tension d'alimentation en dessous de laquelle un DD, fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation, s'ouvre automatiquement	U_y

Annexe IC (informative)

Exemples de bornes

Quelques exemples de réalisations de bornes sont donnés dans cette annexe. Le logement du conducteur doit avoir un diamètre suffisant pour recevoir les conducteurs rigides à âme massive, une section suffisante pour recevoir des conducteurs rigides à âme câblée (voir 8.1.5).

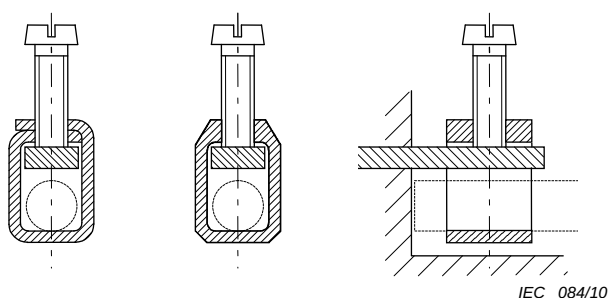


Figure IC.1a – Bornes avec étrier

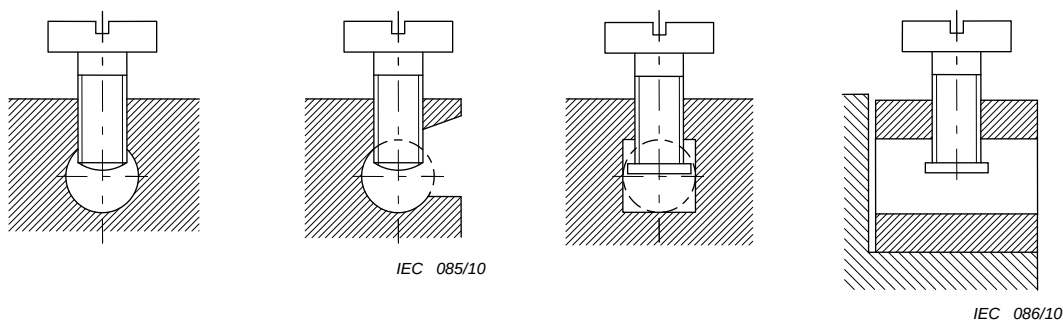


Figure IC.1b – Bornes sans plaquette

Figure IC.1c – Bornes avec plaquette

NOTE La partie de la borne portant le trou taraudé et la partie de la borne contre laquelle l'âme est serrée par la vis peuvent être deux parties distinctes, comme dans le cas d'une borne à étrier.

Figure IC.1 – Exemples de bornes à trou

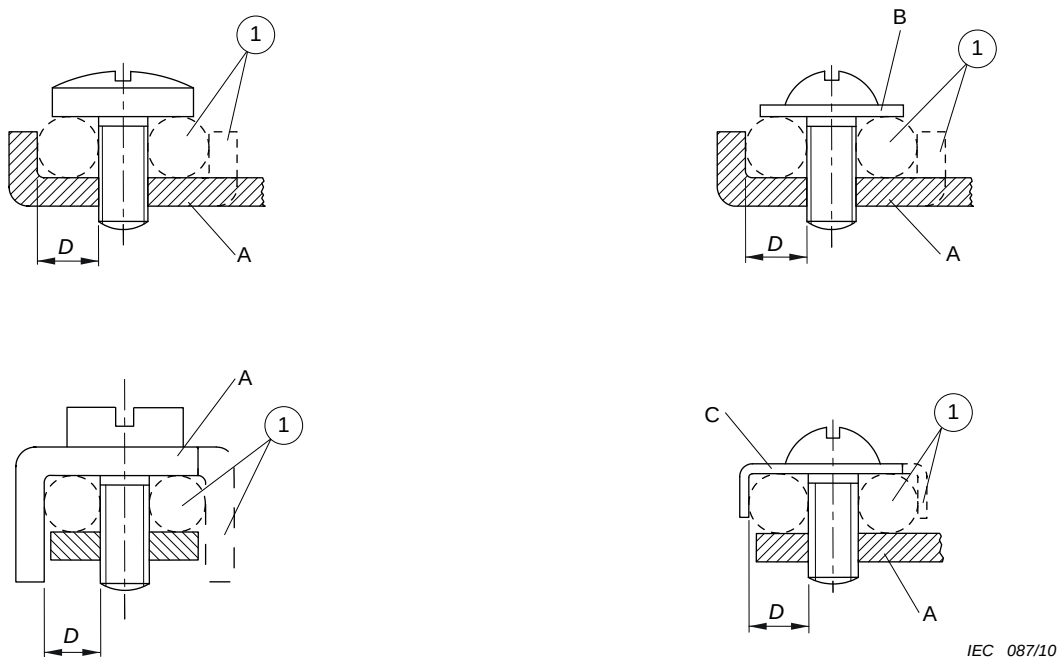


Figure IC.2a – Bornes à serrage sous tête de vis

Vis ne nécessitant pas de rondelle ou plaquette

Vis nécessitant une rondelle, plaquette ou dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper



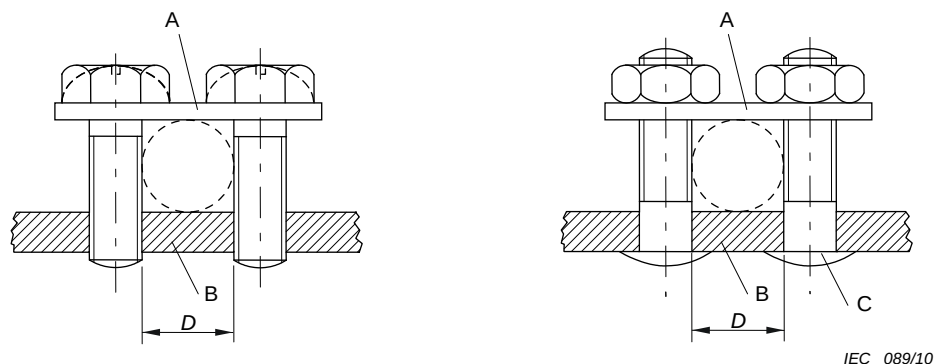
Figure IC.2b – Bornes à goujon fileté

Légende

- 1 Facultatif
- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper
- D Logement du conducteur
- E Goujon

La partie maintenant l'âme en place peut être en matière isolante, pourvu que la pression nécessaire pour le serrage de l'âme ne se transmette pas par l'intermédiaire de la matière isolante.

Figure IC.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté

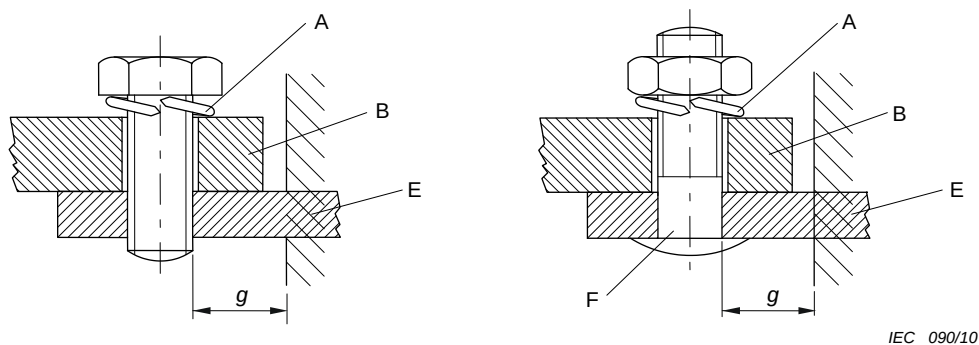


Légende

- A Plaque
- B Partie fixe
- C Goujon
- D Logement du conducteur

Les deux faces de la plaque peuvent être de formes différentes pour loger soit des âmes de petite section soit des âmes de forte section, par retournement de la plaque. Les bornes peuvent avoir plus de deux vis ou goujons de serrage.

Figure IC.3 – Exemples de bornes à plaques



Légende

- A Dispositif
- B Cosse ou barrette
- E Partie fixe
- F Goujon

Pour ce type de borne, une rondelle élastique ou un dispositif de blocage aussi efficace doit être prévu et la surface de la zone de serrage doit être lisse. Pour certains types de matériel l'emploi de bornes pour cosses et barrettes de numéros plus faibles que celui prescrit est admis.

Figure IC.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes

Annexe ID (informative)

Correspondance entre les conducteurs ISO et AWG

Taille ISO mm ²	AWG	
	Taille	Aire de la section droite mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

En général les tailles ISO s'appliquent.

Sur demande du constructeur, les tailles AWG peuvent être utilisées.

Annexe IE (informative)

Programme d'essais de suivi pour les DD

IE.1 Généralités

Dans le but de garantir le maintien du niveau de qualité des produits, des procédures d'inspection de suivi du procédé de fabrication devront être mises en place par les constructeurs.

Cette annexe donne un exemple de procédure de suivi applicable pour la fabrication des DD.

Elle peut être utilisée comme guide par les constructeurs pour adapter leurs procédures spécifiques et leur organisation dans le but de maintenir le niveau de qualité de leur production.

En particulier toutes dispositions de suivi des approvisionnements et de la fabrication peuvent être prises pour garantir la qualité des produits manufacturés dont dépend la sûreté de fonctionnement du dispositif à courant différentiel résiduel.

IE.2 Programme d'essais de suivi

Le programme d'essais de suivi comprend deux séries d'essais.

IE.2.1 Programme d'essais de suivi trimestriel

Voir Tableau IE.1, séquence d'essais Q.

IE.2.2 Programme d'essais de suivi annuel

Voir Tableau IE.1, séquences Y1 à Y3.

NOTE Les essais de suivi annuels peuvent être combinés avec les essais de suivi trimestriels.

Tableau IE.1 – Séquences d'essais pendant les examens de suivi

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai	Commentaires
Q	9.16	Dispositif de contrôle	Seulement les points b) et c) à l'exception de la vérification des ampères-tours du circuit d'essais
	9.9.1.2 a) 9.9.1.2 c) 9.20	Caractéristiques de fonctionnement différentiel Caractéristiques de fonctionnement différentiel Résistance de l'isolation aux ondes de surtension	Effectuée également entre chaque pôle tour à tour
Y1	9.9.1.42 f) 9.7 9.10	Caractéristique de fonctionnement différentiel Essai des propriétés diélectriques Endurance mécanique et électrique	
Y2	9.22.1	Fiabilité (essai climatique)	
Y3	9.23	Résistance au vieillissement	

IE.2.3 Procédure de prélèvement

IE.2.3.1 Programme d'essais trimestriels

Pour le programme d'essais trimestriels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales et renforcées ou la production sera arrêtée en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

- **Maintien au niveau normal**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si les six échantillons satisfont à la séquence d'essais (voir Tableau IE.2, séquence Q). Si cinq échantillons satisfont à la séquence d'essais, l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.
- **Passage du niveau normal au niveau renforcé**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais.
- **Passage du niveau normal à l'arrêt de la production**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur et que moins de quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.
- **Passage du niveau renforcé au niveau normal**
Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque 12 échantillons au moins satisfont à la séquence d'essais (voir Tableau IE.2).
- **Maintien au niveau renforcé**
Lorsqu'étant au niveau renforcé, 10 ou 11 échantillons seulement satisfont à la séquence d'essais, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.
- **Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production**
Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque moins de 10 échantillons satisfont à la séquence d'essais lors d'une inspection, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.
- **Redémarrage de la production**
La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

IE.2.3.2 Programme d'essais annuel

Pour le programme d'essais annuel, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales ou renforcées en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués.

– **Maintien au niveau normal**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si tous les échantillons satisfont à la séquence d'essais. Si deux échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1, qu'aucun défaut n'apparaît pendant les séquences d'essais Y2 et Y3, l'inspection suivante est faite seulement trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– **Passage du niveau normal au niveau renforcé**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque:

- soit seulement un échantillon satisfait à la séquence d'essais Y1;
- soit un défaut survient pendant l'une quelconque des séquences d'essais Y2 ou Y3.

L'inspection suivante doit être effectuée dans les trois mois, au niveau renforcé pour les séquences d'essai en défaut et au niveau normal pour les autres séquences d'essais.

– **Passage du niveau normal à l'arrêt de la production**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, et qu'aucun échantillon ne satisfait à la séquence d'essais Y1 ou que plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– **Passage du niveau renforcé au niveau normal**

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque:

- au moins cinq échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1; et
- aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3.

– **Maintien au niveau renforcé**

Lorsque étant au niveau renforcé, seulement quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1 et qu'aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et les mêmes séquences d'essais.

– **Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production**

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque lors d'une inspection annuelle l'une des situations suivantes se présente:

- soit moins de quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1;
- soit plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3;

la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– **Redémarrage de la production**

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

IE.2.4 Nombre d'échantillons à essayer

Le nombre d'échantillons pour les différents niveaux d'inspection est donné au Tableau IE.2.

Tableau IE.2 – Nombre d'échantillons à essayer

Séquence d'inspection	Nombre d'échantillons pour l'inspection normale	Nombre d'échantillons pour l'inspection renforcée
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 pour chaque séquence	6 pour chaque séquence

Parmi chaque série de DD de la même conception de base un lot d'échantillons seulement est nécessaire pour les essais quelles que soient les valeurs assignées.

Pour les besoins du programme d'essai de suivi, les DD sont considérés comme étant de la même conception de base s'ils appartiennent à la même classification, selon 4.1, et

- les organes de fonctionnement sous courant différentiel résiduel ont des mécanismes de déclenchement et des relais ou solénoïdes identiques excepté pour:
 - le nombre de tours et la section des enroulements;
 - la taille et le matériau du noyau du transformateur différentiel;
 - le courant différentiel résiduel assigné; et
- la partie électronique, s'il y a lieu, est de la même conception et utilise les mêmes composants à l'exception des variations permettant d'obtenir les différents $I_{\Delta n}$.

Annexe J **(normative)**

Prescriptions particulières pour les DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre

J.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DD compris dans le domaine d'application de l'Article 1, munis de bornes sans vis, pour des courants ne dépassant pas 20 A, essentiellement adaptés au raccordement de conducteurs en cuivre non préparés (voir J.3.6) de section inférieure ou égale à 4 mm².

NOTE 1 La limite supérieure de courant pour l'utilisation de bornes sans vis est de 16 A en Autriche, en République Tchèque, en Allemagne, au Danemark, aux Pays-Bas, en Norvège et en Suisse.

Dans cette annexe, les bornes sans vis sont appelées bornes et les conducteurs en cuivre sont appelés conducteurs.

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

J.2 Références normatives

L'Article 2 s'applique.

J.3 Définitions

En complément de l'Article 3, les définitions suivantes s'appliquent.

J.3.1

organes de serrage

parties de la borne nécessaires pour le serrage mécanique et la connexion électrique du ou des conducteurs, y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

J.3.2

borne sans vis

borne dont le raccordement et la déconnexion ultérieure sont obtenus directement ou indirectement au moyen de ressorts, de coins ou éléments similaires

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés à la Figure J.2.

J.3.3

borne universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de tous les types de conducteurs (rigides et souples)

Note 1 à l'article: Dans les pays suivants, seules les bornes sans vis du type universel sont acceptées: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE et CH.

J.3.4

borne non universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de certains types de conducteurs seulement (par exemple conducteurs massifs seulement ou conducteurs rigides seulement [massifs ou câblés])

J.3.5

borne pousse-fil

borne non universelle dans laquelle la connexion est réalisée en introduisant un conducteur rigide (massif ou câblé)

J.3.6

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée sur une certaine longueur pour son introduction dans une borne

NOTE 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est adaptée pour l'introduction dans une borne ou dont les brins sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

NOTE 2 à l'article: Le terme "conducteur non préparé" signifie conducteur non préparé par étamage des fils du conducteur, utilisation de cosses, formation d'œillets, etc. mais inclut la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

J.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

J.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

J.6 Marquage et autres informations sur le produit

En addition à l'Article 6, les prescriptions suivantes s'appliquent:

Bornes universelles:

- pas de marquage.

Bornes non universelles:

- les bornes prévues pour conducteurs massifs doivent être marquées par les lettres "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) doivent être marquées par la lettre "r";
- les bornes prévues pour conducteurs souples doivent être marquées par la lettre "f".

Il y a lieu que le marquage apparaisse sur le disjoncteur ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Un marquage approprié indiquant la longueur de l'isolation à retirer avant l'insertion du conducteur dans la borne doit figurer sur le disjoncteur.

Le constructeur doit aussi fournir dans sa documentation technique des informations sur le nombre maximal de conducteurs pouvant être serrés.

J.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

J.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 s'applique avec les modifications suivantes:

En 8.1.5, seulement 8.1.5.1, 8.1.5.2, 8.1.5.3, 8.1.5.6 et 8.1.5.7 s'appliquent.

La vérification est effectuée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2 de la présente annexe au lieu de 9.4 et 9.5.

De plus, les prescriptions suivantes s'appliquent:

J.8.1 Connexion ou déconnexion des conducteurs

La connexion ou la déconnexion des conducteurs doit être effectuée

- par l'utilisation d'un outil d'usage courant ou par un dispositif approprié incorporé à la borne servant à l'ouvrir et à faciliter l'insertion ou le retrait des conducteurs (par exemple pour les bornes universelles);

ou, pour les conducteurs rigides

- par simple insertion. Pour la déconnexion des conducteurs, une manœuvre autre qu'une traction sur le conducteur doit être nécessaire (par exemple pour les bornes pousse-fil).

Les bornes universelles doivent pouvoir recevoir des conducteurs non préparés rigides (massifs ou câblés) et souples.

Les bornes non universelles doivent pouvoir recevoir les types de conducteurs déclarés par le fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.2 Dimensions des conducteurs raccordables

Les dimensions des conducteurs raccordables sont données au Tableau J.1.

L'aptitude à raccorder ces conducteurs doit être vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

Tableau J.1 – Conducteurs raccordables

Conducteurs raccordables et leur diamètre théorique									
Métriques					AWG				
Rigides			Souples		Rigides			Souples	
	Massifs	Câblés				Massifs ^a	Classe B câblés ^a		Classes I, K, M, câblés ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	calibre	Ø mm	Ø mm	calibre	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Les diamètres des conducteurs souples et rigides les plus gros sont basés sur la CEI 60228 et, pour les conducteurs AWG, sur les publications ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, S-66-524, S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %.									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K et M.									

J.8.3 Sections raccordables

Les sections nominales à serrer sont définies au Tableau J.2.

Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis

Courant assigné A	Sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 2,5 inclus
Au-dessus de 13 jusqu'à 20 inclus	1,5 à 4 inclus

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.4 Introduction et déconnexion des conducteurs

L'introduction et la déconnexion des conducteurs doivent être effectuées suivant les instructions du fabricant.

La conformité est vérifiée par examen.

J.8.5 Conception et construction des bornes

Les bornes doivent être conçues et construites de telle sorte que

- chaque conducteur soit serré individuellement;
- pendant la connexion et la déconnexion, les conducteurs puissent être connectés ou déconnectés soit en même temps soit séparément;
- la mauvaise introduction du conducteur soit évitée.

Il doit être possible de serrer efficacement n'importe quel nombre de conducteurs jusqu'au nombre maximal prévu.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.6 Résistance au vieillissement

Les bornes doivent être résistantes au vieillissement.

La vérification est effectuée par l'essai de J.9.3.

J.9 Essais

L'Article 9 s'applique, en remplaçant 9.4 et 9.5 par les essais suivants:

J.9.1 Essai de fiabilité des bornes sans vis

J.9.1.1 Fiabilité du système sans vis

L'essai est effectué sur trois bornes de pôles d'échantillons neufs avec des conducteurs en cuivre, de la section nominale en accord avec le Tableau J.2. Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.1.

La connexion puis la déconnexion doivent être effectuées cinq fois avec le conducteur du plus petit diamètre et successivement cinq fois avec le conducteur du plus grand diamètre.

Des conducteurs neufs doivent être utilisés chaque fois, sauf pour la cinquième fois, où le conducteur utilisé pour la quatrième insertion est serré au même endroit. Avant l'insertion dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Pour chaque insertion, les conducteurs sont soit poussés aussi profondément que possible dans la borne soit insérés de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après chaque insertion, le conducteur inséré est tourné de 90 ° autour de son axe au niveau de la section serrée puis déconnecté.

Après ces essais, la borne ne doit pas être endommagée à tel point que son utilisation ultérieure provoque une détérioration.

J.9.1.2 Essai de fiabilité du raccordement

Trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs de cuivre neufs du type et de la section assignée selon le Tableau J.2.

Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.1.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Il doit être possible d'introduire le conducteur dans la borne sans effort excessif dans le cas des bornes universelles et avec l'effort nécessaire à la main dans le cas des bornes pousse-fil.

Le conducteur est soit enfoncé aussi profondément que possible dans la borne soit inséré de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé de la borne.

J.9.2 Essais de sûreté des bornes pour conducteurs externes: résistance mécanique

Pour l'essai de traction, trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs neufs du type et des sections assignées minimales et maximales selon le Tableau J.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction avec une force de la valeur indiquée au Tableau J.3. La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du conducteur.

Tableau J.3 – Forces de traction

Section mm ²	Force de traction N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas s'échapper de la borne.

J.9.3 Essai de cycle

L'essai est effectué avec des conducteurs neufs de cuivre ayant une section conforme à celle du Tableau 13.

L'essai est effectué sur des échantillons neufs (un échantillon est un pôle) dont le nombre est défini ci-dessous en fonction du type de bornes:

- bornes universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés) et souples: 3 échantillons de chaque (6 échantillons au total);
- bornes non universelles pour conducteurs massifs seulement: 3 échantillons;
- bornes non universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés): 3 échantillons de chaque (6 échantillons);

NOTE Dans le cas de conducteurs rigides, il est recommandé d'utiliser des conducteurs massifs (si, dans un pays donné, les conducteurs massifs ne sont pas disponibles, des conducteurs câblés peuvent être utilisés).

- bornes non universelles pour conducteurs souples seulement: 3 échantillons.

Un conducteur ayant la section définie au Tableau 13 est raccordé en série comme en usage normal à chacun des trois échantillons définis à la Figure J.1.

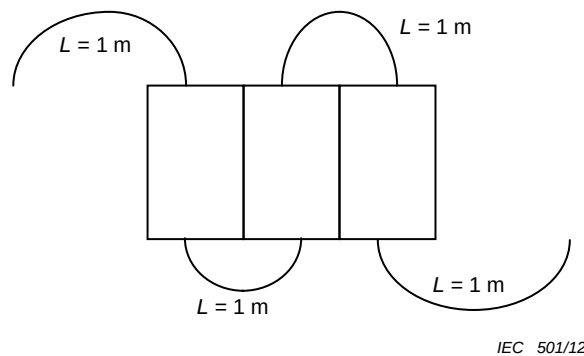


Figure J.1 – Échantillons à raccorder

L'échantillon est délivré avec un trou (ou équivalent) afin de mesurer la chute de tension dans la borne.

Tout le dispositif d'essai, y compris les conducteurs, est placé dans une étuve, dont la température initiale est de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Pour éviter un déplacement quelconque du dispositif d'essai jusqu'à ce que tous les essais de chute de tension suivants aient été exécutés, il est recommandé de fixer les pôles sur un même support.

Un courant d'essai correspondant au courant assigné du disjoncteur est appliqué au circuit excepté pendant la période de refroidissement.

Les échantillons doivent alors être soumis à 192 cycles de température, chaque cycle ayant une durée approximative de 1 h, selon la procédure suivante:

La température de l'air dans l'enceinte est élevée à $40 ^\circ\text{C}$ en approximativement 20 min. Elle est maintenue à cette valeur $\pm 5 ^\circ\text{C}$ pendant approximativement 10 min.

Les échantillons sont alors laissés à refroidir en approximativement 20 min à une température d'environ $30 ^\circ\text{C}$, un refroidissement forcé étant admis. Ils sont maintenus à cette température pendant environ 10 min et, si cela est nécessaire pour la mesure de la chute de tension, il est permis de continuer à les refroidir à une température de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

La chute de tension maximale mesurée sur chaque borne, à la fin du 192^e cycle avec le courant assigné ne doit pas être supérieure à la plus petite des deux valeurs suivantes:

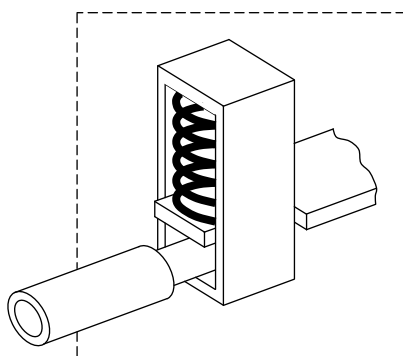
- soit 22,5 mV;
- soit 1,5 fois la valeur mesurée après le 24^e cycle.

Les mesures doivent être effectuées le plus près possible de la zone de contact sur la borne.

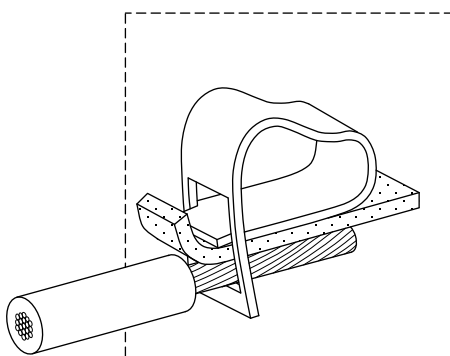
Si les points de mesure ne peuvent être positionnés tout près du point de contact, la chute de tension de la partie du conducteur entre le point de mesure idéal et le point de mesure réel doit être retranchée de la chute de tension mesurée.

La température dans l'enceinte thermique doit être mesurée à une distance d'au moins 50 mm des échantillons.

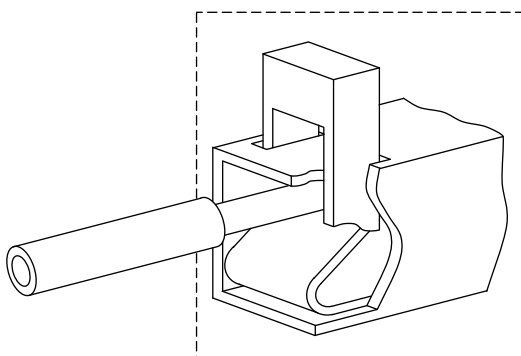
Après cet essai, un examen à l'œil nu, à vision normale ou corrigée, sans grossissement additionnel, ne doit pas déceler de changement évident compromettant un usage ultérieur, tels que craquelures, déformations ou phénomènes analogues.



Borne sans vis à pression indirecte



Borne sans vis à pression directe



Borne sans vis à poussoir

IEC 502/12

Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis

J.10 Documents de référence

CEI 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60998-1, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

CEI 60998-2-2, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

CEI 60999 (toutes les parties), *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis*

ASTM B172-01a, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*

ICEA S-19-81 / NEMA WC3, *Rubber-Insulated Wire and Cable*⁵

ICEA S-66-524 / NEMA WC7, *Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable*¹

ICEA S-68-516 / NEMA WC8, *Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable*⁶

⁵ Retirée.

⁶ Retirée.

Annexe K **(normative)**

Prescriptions particulières pour les DD avec bornes plates à connexion rapide

K.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DD compris dans le domaine d'application de l'Article 1, équipés avec des bornes plates à connexion rapide constituées d'une languette (voir K.3.2) de largeur nominale 6,3 mm et d'épaisseur 0,8 mm, à utiliser avec un clip pour le raccordement électrique des conducteurs en cuivre selon les instructions du constructeur, pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 16 A.

NOTE 1 L'utilisation de DD avec bornes plates à connexion rapide pour des courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, ES, PT et US.

Les conducteurs en cuivre raccordables sont souples, de section inférieure ou égale à 4 mm², ou rigides câblés, de section inférieure ou égale à 2,5 mm² (AWG supérieur ou égal à 12).

Cette annexe s'applique exclusivement aux DD avec languettes intégrées.

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

K.2 Références normatives

En complément à l'Article 2, la référence normative suivante s'applique:

CEI 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

K.3 Définitions

En complément de l'Article 3, les définitions suivantes s'appliquent:

K.3.1

borne plate à connexion rapide

connexion électrique se composant d'une languette et d'un clip qui peut être inséré et retiré avec ou sans l'usage d'un outil

K.3.2

languette

partie d'une connexion rapide qui reçoit le clip

K.3.3

clip

partie d'une connexion rapide qui est poussée sur la languette

K.3.4

verrouillage

empreinte (creux) ou trou de la languette dans lequel s'engage une partie en protubérance du clip assurant un verrouillage de l'accouplement

K.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

K.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

K.6 Marquage et autres informations sur le produit

L'Article 6 dans son intégralité s'applique, avec l'addition suivante après le point k).

Les informations suivantes concernant le clip selon la CEI 61210 et le type de conducteur à utiliser doivent être données dans les instructions du fabricant:

- l) le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- m) la référence du type;
- n) les informations sur les sections des conducteurs et le code de couleur des clips isolés (voir Tableau K.1 ci-dessous);
- o) l'utilisation exclusive d'alliages de cuivre recouverts d'argent ou d'étain.

Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur

Section du conducteur mm ²	Code de couleur du clip
1	Rouge
1,5	Rouge ou bleu
2,5	Bleu ou jaune
4	Jaune

K.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

K.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 s'applique avec les exceptions suivantes:

Remplacer le contenu de 8.1.3 par le texte suivant:

K.8.1 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir Annexe B)

Le paragraphe 8.1.3 s'applique, les clips étant assemblés sur les languettes du DD.

Remplacer le contenu de 8.1.5 par le texte suivant:

K.8.2 Bornes pour conducteurs extérieurs

K.8.2.1 Les languettes et les clips doivent être d'un métal d'une résistance mécanique, d'une conductivité électrique et d'une résistance à la corrosion appropriées à l'usage pour lequel ils sont prévus.

NOTE Des alliages recouverts d'argent ou d'étain sont des exemples de solutions adéquates.

K.8.2.2 La largeur nominale de la languette est de 6,3 mm et l'épaisseur de 0,8 mm, applicable aux courants assignés jusqu'à 16 A inclus.

NOTE 1 L'utilisation de courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, PT, ES et aux US.

Les dimensions des languettes doivent être conformes à celles spécifiées au tableau K.3 et aux figures K.2, K.3 K.4 et K.5, où les dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N et Q sont obligatoires.

Les dimensions du clip qui peut être raccordé sont données à la Figure K.6 et au Tableau K.4.

NOTE 2 Les formes des différentes parties peuvent être différentes de celles données sur les figures, pourvu que les dimensions spécifiées ne soient pas influencées et que les prescriptions d'essais soient satisfaites (par exemple languettes cannelées ou pliées, etc.).

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures

K.8.2.3 Les languettes doivent être maintenues de façon sûre en position.

La conformité est vérifiée par l'essai de surcharge mécanique de K.9.1.

K 9 Essais

L'Article 9 s'applique avec les modifications suivantes:

Remplacer le contenu de 9.5 par le texte suivant:

K.9.1 Force de surcharge mécanique

Cet essai est effectué sur 10 bornes de DD montés comme en usage normal au moment du câblage.

La force axiale de poussée et, successivement, la force axiale de traction spécifiées au Tableau K.2 suivant sont appliquées graduellement à la languette équipant le DD, une seule fois à l'aide d'un appareil d'essai convenable.

Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge

Poussée N	Traction N
96	88

La languette ou le DD dans lequel la languette est intégrée ne doit subir aucun dommage susceptible d'empêcher son usage ultérieur.

Ajouter le texte suivant à 9.8.3:

Des thermocouples à fil fin doivent être placés de telle façon qu'ils n'influencent pas le contact ou la plage de raccordement. Un exemple de disposition est illustré à la Figure K.1.

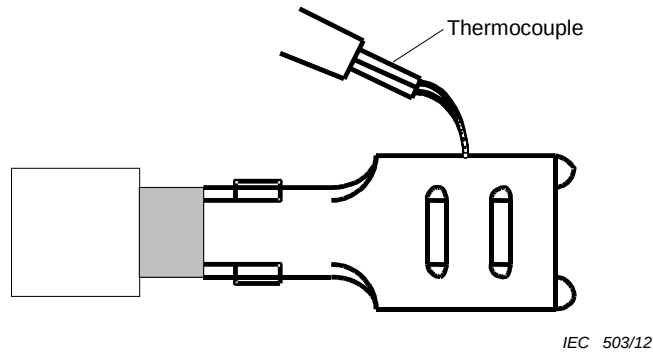
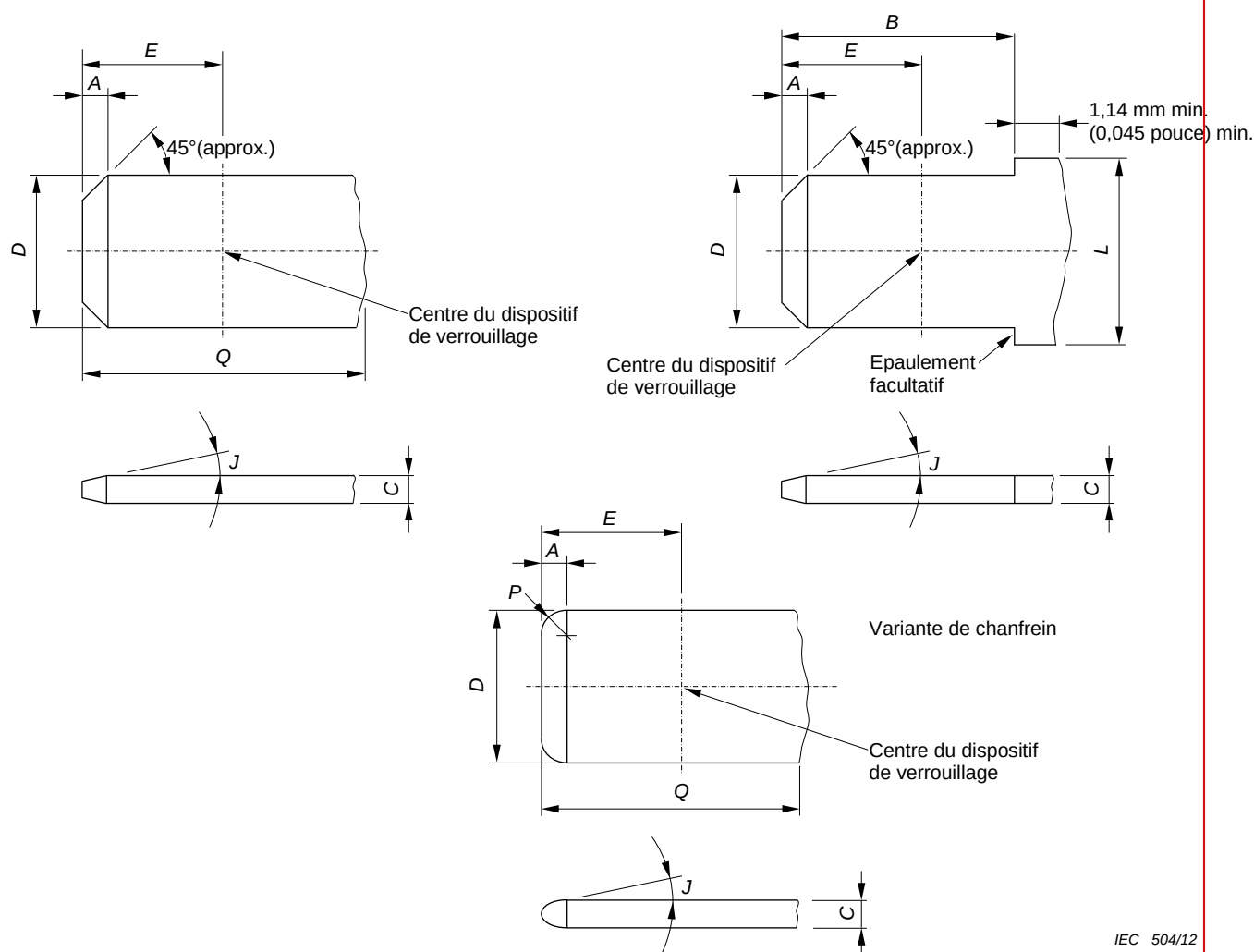


Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement

Tableau K.3 – Dimensions des languettes

Taille nominale mm		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Empreinte	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12 °	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8 °	2,2	1,8	0,7	8,9
	Trou	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12 °			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8 °			0,7	8,9
NOTE 1 Pour les dimensions A à Q, se référer aux Figures K.2 à K.5.												
NOTE 2 Lorsqu'il y a deux valeurs dans une colonne, elles indiquent les dimensions minimale et maximale.												



NOTE 1 Il n'est pas nécessaire que le chanfrein A à 45 ° suive une ligne droite s'il respecte les valeurs indiquées.

NOTE 2 La dimension L n'est pas spécifiée et peut varier selon les applications (par exemple la fixation).

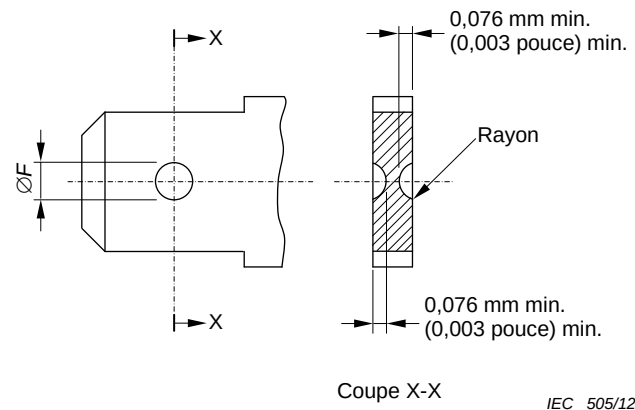
NOTE 3 La dimension C des languettes peut être obtenue à partir de plus d'une couche de matériau pourvu que la languette ainsi obtenue satisfasse en tous points les prescriptions de cette norme. Un rayon sur le bord longitudinal de la languette est admis.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

NOTE 5 L'épaisseur C de la languette peut varier au-delà de Q ou au-delà de $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,043 pouce)

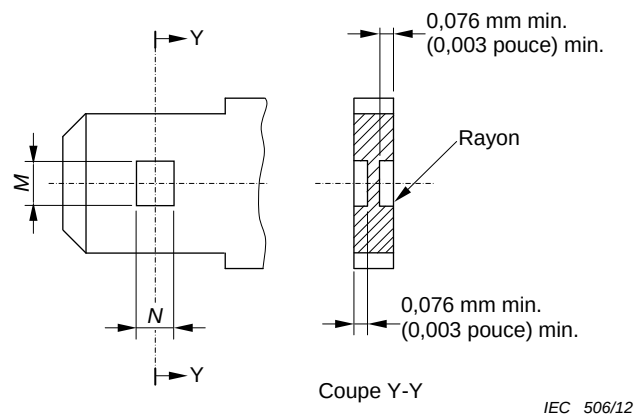
NOTE 6 Toutes les parties des contacts représentées sont plates et exemptes de bavures ou saillies, à l'exception d'une saillie de 0,025 mm (0,001 pouce) par face au-dessus de l'épaisseur de la bande sur une surface définie par une ligne entourant l'emplacement du dispositif de verrouillage et distante de celui-ci de 1,3 mm (0,051 pouce).

Figure K.2 – Dimensions des languettes



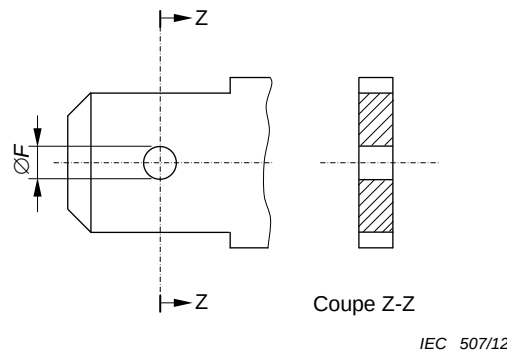
Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)



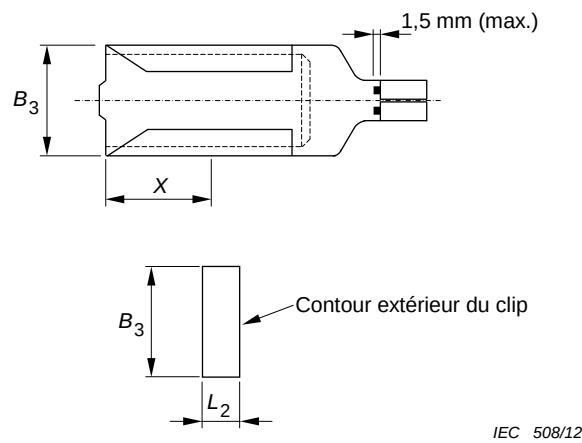
Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,13 mm (0,005 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)



Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage



Les dimensions B_3 et L_2 sont obligatoires.

NOTE 1 Pour déterminer les dimensions du clip différant de B_3 et L_2 , il est nécessaire de se référer aux dimensions de la languette de façon à s'assurer que les conditions d'engagement les plus mauvaises (et de verrouillage, s'il existe) entre la languette et le clip sont correctes.

NOTE 2 Si un verrouillage est fourni, la dimension X est à la discrétion du constructeur dans le but de satisfaire aux prescriptions des articles relatifs aux performances.

NOTE 3 Il convient que les clips soient conçus de façon telle que toute insertion non voulue du conducteur dans la zone de sertissage soit visible ou évitée par une butée pour éviter toute interférence entre le conducteur et une languette complètement introduite.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

Figure K.6 – Dimensions des clips

Tableau K.4 – Dimensions des clips

Taille de la languette mm	Dimensions du clip mm	
	B_3 max.	L_2 max.
6,3 × 0,8	7,8	3,5

K.10 Document de référence

CEI 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

Annexe L **(normative)**

Prescriptions particulières pour DD avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium

L.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux disjoncteurs compris dans le domaine d'application de cette norme, munis de bornes à vis en cuivre – ou en alliages contenant au moins 58 % de cuivre (si travaillé chaud) ou au moins 50 % de cuivre (si travaillé autrement), ou encore constituées d'un autre métal ou d'un métal revêtu de façon appropriée, tout aussi résistant à la corrosion que le cuivre et dont les propriétés mécaniques sont aussi appropriées que celles du cuivre – utilisables avec des conducteurs en aluminium non traité, ainsi qu'avec des bornes à vis en aluminium utilisables avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

Dans cette annexe les conducteurs en aluminium revêtu de cuivre ou de nickel sont considérés comme des conducteurs en aluminium.

NOTE 1 En Autriche, en Australie et en Allemagne, l'utilisation de bornes à vis en aluminium n'est pas autorisée pour raccorder des conducteurs en cuivre.

- En Autriche, en Suisse et en Allemagne, les bornes pour conducteurs en aluminium ne sont pas admises;
- En Espagne, l'utilisation de conducteurs en aluminium n'est pas autorisée dans les circuits finaux des installations domestiques et similaires, p.ex. bureaux, magasins;
- Au Danemark, la section minimale des conducteurs en aluminium est de 16 mm².

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

L.2 Références normatives

L'Article 2 s'applique avec l'ajout suivant:

CEI 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

L.3 Définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les définitions suivantes s'appliquent, en complément de celles qui sont données à l'Article 3.

L.3.1

conducteur traité

surface de contact d'un conducteur dont les brins externes ont eu leurs couches d'oxyde enlevées par brossage et/ou ont reçu un produit déposé pour améliorer le contact et/ou prévenir la corrosion

L.3.2

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée en vue de son insertion dans une borne

NOTE 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est arrangée pour qu'il soit introduit dans une borne ou dont les torons sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

L.3.3

égaliseur

dispositif utilisé dans la boucle d'essai pour assurer un point équipotentiel et une densité de courant uniforme dans une âme câblée, sans effets indésirables sur la température du ou des conducteurs

L.3.4

conducteur de référence

longueur d'âme conductrice sans raccordement, de type et de taille identiques à ceux utilisés dans la boucle d'essai, et connectée en série dans le même circuit. Elle est utilisée pour déterminer la température de référence et, si nécessaire, la résistance électrique de référence

L.3.5

coefficient de stabilité Sf

mesure de la stabilité de la température d'un organe de serrage au cours de l'essai de cycles thermiques

L.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

L.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

L.6 Marquage et autres informations sur le produit

En addition à l'Article 6, les prescriptions suivantes sont applicables:

Les marquages des bornes définis dans le Tableau L.1 doivent figurer sur le DD, à proximité des bornes.

Les autres informations concernant le nombre de conducteurs, les valeurs de couple de serrage (si elles diffèrent des valeurs du Tableau 14), et les sections raccordables doivent être indiquées sur le DD.

Tableau L.1 – Marquage des bornes

Types de conducteurs acceptés	Marquage
Cuivre seulement	Aucun
Aluminium seulement	Al
Aluminium ou Cuivre	Al/Cu

Le constructeur doit déclarer dans son catalogue que pour le serrage d'un conducteur en aluminium le couple de serrage doit être appliqué en utilisant des moyens appropriés.

L.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

L.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 est applicable avec les exceptions suivantes:

Ajouter le texte suivant à la fin du 8.1.5.2:

Pour le raccordement des conducteurs en aluminium, les DD doivent être équipés de bornes à vis permettant le raccordement de conducteurs dont les sections nominales sont définies dans le Tableau L.2.

Les bornes pour le raccordement des conducteurs en aluminium et les bornes en aluminium pour le raccordement des conducteurs en cuivre ou en aluminium doivent avoir une résistance mécanique en mesure de supporter les essais de 9.4, avec les conducteurs d'essai serrés avec le couple indiqué dans le tableau 14 ou avec le couple spécifié par le constructeur, qui ne doit jamais être inférieur à celui spécifié dans le Tableau 14.

**Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium
pouvant être connectés aux bornes à vis**

Courant assigné ^{a)} A	Plage des sections nominales ^{b)} à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 4
Au-dessus de 13 et jusqu'à 16 inclus	1 à 6
Au-dessus de 16 et jusqu'à 25 inclus	1,5 à 10
Au-dessus de 25 et jusqu'à 32 inclus	2,5 à 16
Au-dessus de 32 et jusqu'à 50 inclus	4 à 25
Au-dessus de 50 et jusqu'à 80 inclus	10 à 35
Au-dessus de 80 et jusqu'à 100 inclus	16 à 50
Au-dessus de 100 et jusqu'à 125 inclus	25 à 70

^{a)} Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides; l'utilisation de conducteurs souples est autorisée. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 10 mm² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

^{b)} Sections maximales du Tableau 5, augmentées comme pour le Tableau D.2 de la CEI 61545:1996.

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures, et en équipant tour à tour un conducteur de la plus faible et de la plus grande section spécifiée.

8.1.5.4

Remplacer le contenu de 8.1.5.4 par le texte suivant:

Les bornes doivent admettre les conducteurs sans préparation particulière.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de L.9.

L.9 Essais

L'Article 9 s'applique avec les modifications / additions suivantes:

Pour les essais qui sont influencés par la matière de la borne et par le type du conducteur raccordable, on applique les conditions d'essai définies dans le Tableau L.3.

En outre, l'essai de L.9.2 est effectué avec des bornes séparées du disjoncteur.

Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes

Matière des bornes	Matière selon 8.1.4.4 a)	Al a)	
Matière du conducteur (Tableau L.1)	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5	Cu Utiliser les Tableaux 8 et 13	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5
9.4 Fiabilité des vis	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.1 Essai de traction b)	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.2 Détérioration du conducteur	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.3 Insertion du conducteur	Utiliser le Tableau L.4	Utiliser le Tableau 16	Utiliser le Tableau L.4
9.8 Echauffement	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau L.5
9.22 Vérification de la fiabilité	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau L.5
L.9.2 Essai de cycles thermiques	Utiliser le Tableau 14	Utiliser le Tableau 14	Utiliser le Tableau 14
a) Utiliser les séquences d'essais A et B et le nombre d'échantillons défini dans l'Annexe C. Pour les DD qui sont aptes à être raccordés à des conducteurs en Al ou en Cu, les séquences d'essais et le nombre d'échantillons doivent être doublés (une séquence d'essai pour les conducteurs en cuivre, l'autre pour les conducteurs en aluminium).			
b) Pour l'essai de traction 9.5.1, la valeur pour le câble de 70 mm ² est à l'étude.			

Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal

Métrique					AWG				
Rigide			Souple (cuivre seulement)		Rigide			Souple (cuivre seulement)	
S	Massif	Câblé	S			Massif a)	Classe B Câblé a)		Classes ^{b)} I, K, M Câblé
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Calibre	Ø mm	Ø mm	Calibre	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 c)	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 c)	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 c)	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Les diamètres des conducteurs rigides et souples les plus gros sont basés sur la CEI 60228, et pour les conducteurs AWG, sur les Publications ASTM B172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
a) Diamètre nominal + 5 %.									
b) Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K, M.									
c) Dimensions pour conducteurs souples de la classe 5 seulement suivant la CEI 60228.									

L.9.1 Conditions d'essais

Le paragraphe 9.1 s'applique, avec l'exception suivante: les conducteurs en aluminium à connecter sont extraits du Tableau L.5.

Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.2 Essai de cycles thermiques

L.9.2.1 Généralités

Cet essai vérifie la stabilité de la borne à vis par comparaison des températures atteintes avec celles atteintes par le conducteur de référence sous des conditions cycliques accélérées.

Cet essai est effectué avec des bornes séparées.

L.9.2.2 Préparation

L'essai est réalisé sur quatre échantillons, chacun constitué par un couple de bornes reliées d'une façon qui représente l'utilisation des bornes dans le disjoncteur (voir les exemples représentés sur les Figures L.2 à L.6). Les bornes à vis séparées du produit doivent être reliées à des parties conductrices de même section, forme, métal et finition que les parties sur lesquelles elles sont montées dans le produit. Les bornes à vis doivent être fixées aux parties conductrices de la même façon (position, couple de serrage, etc.) que sur le produit. Si un défaut est constaté sur un échantillon pendant l'essai, quatre autres échantillons devront être testés et aucun autre défaut n'est admis.

L.9.2.3 Disposition d'essai

La disposition générale des échantillons doit être conforme aux indications de la Figure L.1.

Pour les échantillons d'essai, on doit utiliser 90 % de la valeur du couple spécifié par le constructeur ou, si non spécifié, 90 % du couple choisi dans le Tableau 11.

L'essai est pratiqué avec des conducteurs selon le Tableau L.5. La longueur du conducteur d'essai mesurée entre le point d'entrée des échantillons de bornes à vis et l'égaliseur (voir L.3.3) doit être conforme au Tableau L.6.

Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai

Section du conducteur mm ²	Taille du conducteur AWG	Longueur minimale du conducteur mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 à 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 à 00	460

Les conducteurs d'essai sont connectés en série avec un conducteur de référence de même section.

La longueur du conducteur de référence doit être approximativement au moins le double de la longueur du conducteur d'essai.

Chaque extrémité libre des conducteurs d'essai et de référence non connectée à un échantillon de borne à vis doit être brasée ou soudée à un égaliseur consistant en une barre courte de même matière que le conducteur, et d'une section ne dépassant pas celle indiquée au Tableau L.7. Tous les brins du conducteur doivent être soudés ou brasés afin d'assurer une connexion électrique parfaite avec l'égaliseur.

Des connecteurs de type à sertissage par outillage sans soudage peuvent être utilisés pour l'égaliseur sous réserve de l'acceptation du constructeur et à condition que le niveau de performance soit maintenu.

Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion

Domaine du courant d'essai A	Section maximale mm ²	
	Aluminium	Cuivre
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

L'espace entre les conducteurs de référence et d'essai doit être au moins de 150 mm.

L'échantillon d'essai doit être suspendu soit horizontalement soit verticalement à l'air libre, par fixation de l'égaliseur ou de la barre de connexion au moyen de supports non conducteurs, de façon à ce que la borne à vis ne soit pas soumise à un effort de traction. Des barrières thermiques doivent être installées à mi-distance entre les conducteurs, et doivent dépasser de $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ en largeur et de $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ en longueur depuis les bornes à vis (voir Figure L.1). Les barrières thermiques ne sont pas nécessaires si les spécimens sont séparés par une distance d'au moins 450 mm. Les spécimens doivent être situés à au moins 600 mm du plancher, des murs ou du plafond.

Les échantillons d'essai doivent être situés dans un environnement pratiquement exempt de vibrations ou de courants d'air, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C. Une fois l'essai commencé, la variation ne doit pas dépasser $\pm 1 \text{ K}$ dans les limites permises.

L.9.2.4 Mesure de la température

Les mesures de température sont faites au moyen de thermocouples, en utilisant un fil de section maximale ne dépassant pas $0,07 \text{ mm}^2$ (approximativement 30 AWG).

Pour les bornes à vis, le thermocouple doit être situé du côté de l'ouverture de la borne à vis, à proximité de la surface de contact.

Les thermocouples du conducteur de référence doivent être placés au milieu de la longueur du conducteur, sous son isolation.

La mise en place des thermocouples ne doit endommager ni la borne à vis ni le conducteur de référence.

NOTE 1 On peut utiliser la méthode de fixation du thermocouple dans un perçage de petit diamètre à condition que les performances n'en soient pas affectées et que le constructeur l'accepte.

La température ambiante doit être mesurée avec deux thermocouples de telle manière qu'il soit possible d'obtenir une valeur moyenne stable dans le voisinage de la boucle d'essai, sans influence extérieure excessive. Les thermocouples doivent être placés sur un même plan horizontal coupant les échantillons, à une distance minimale de 600 mm.

NOTE 2 Une méthode satisfaisante pour obtenir une mesure stable consiste, par exemple, à fixer les thermocouples à une plaque de cuivre non revêtu d'environ 50 mm × 50 mm et ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

L.9.2.5 Méthode d'essai et critère d'acceptation

NOTE 1 L'évaluation des résultats de l'essai est basée à la fois sur la limite d'échauffement des bornes à vis et la variation de température pendant l'essai.

La boucle d'essai doit être soumise à 500 cycles constitués d'1 h sous courant et 1 h sans courant, en commençant avec un courant alternatif égal à 1,12 fois la valeur du courant d'essai déterminé dans le Tableau L.8. Vers la fin de chaque période avec passage de courant lors des 24 premiers cycles, le courant doit être ajusté de façon à élever la température du conducteur de référence jusqu'à 75 °C.

Au 25^e cycle, le courant d'essai doit être ajusté pour la dernière fois et la température stable doit être enregistrée comme première mesure. Il ne doit y avoir aucun autre ajustement du courant d'essai pendant la suite de l'essai.

Les températures doivent être enregistrées au cours d'un cycle au moins chaque jour de travail, et après approximativement 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425 et 500 cycles.

La température doit être mesurée durant les dernières 5 min de la période sous courant. Si la taille du lot d'échantillons d'essai ou la vitesse du système d'acquisition de données ne permet pas d'effectuer la totalité des mesures dans les 5 min, la période sous courant devra être augmentée jusqu'à pouvoir terminer les mesures.

La période sans courant peut être raccourcie après les premiers 25 cycles d'essai à 5 min de plus que le temps maximal qui a été nécessaire pour que toutes les bornes atteignent une température comprise entre la température ambiante T_a et $T_a + 5$ K, durant la période sans courant. Une ventilation forcée peut être utilisée pour réduire la période sans courant si cette méthode est acceptée par le constructeur. Dans ce cas elle doit être appliquée à l'ensemble de la boucle d'essai et la température de l'air forcé ne doit pas être inférieure à la température ambiante.

Le coefficient de stabilité S_f pour chacune des 11 mesures de température est déterminé par soustraction algébrique de l'écart moyen de température D aux 11 valeurs de l'écart de température d .

L'écart de température d pour les 11 mesures individuelles est obtenu par soustraction de la température du conducteur de référence à la température de la borne à vis.

NOTE 2 La valeur d est positive si la température de la borne à vis est plus élevée que la température du conducteur de référence, et négative dans le cas contraire.

Pour chaque borne à vis

- l'échauffement ne doit pas dépasser 110 K;
- le coefficient de stabilité S_f ne doit pas dépasser ± 10 °C.

Un exemple de calcul pour une borne à vis est indiqué dans le Tableau L.9.

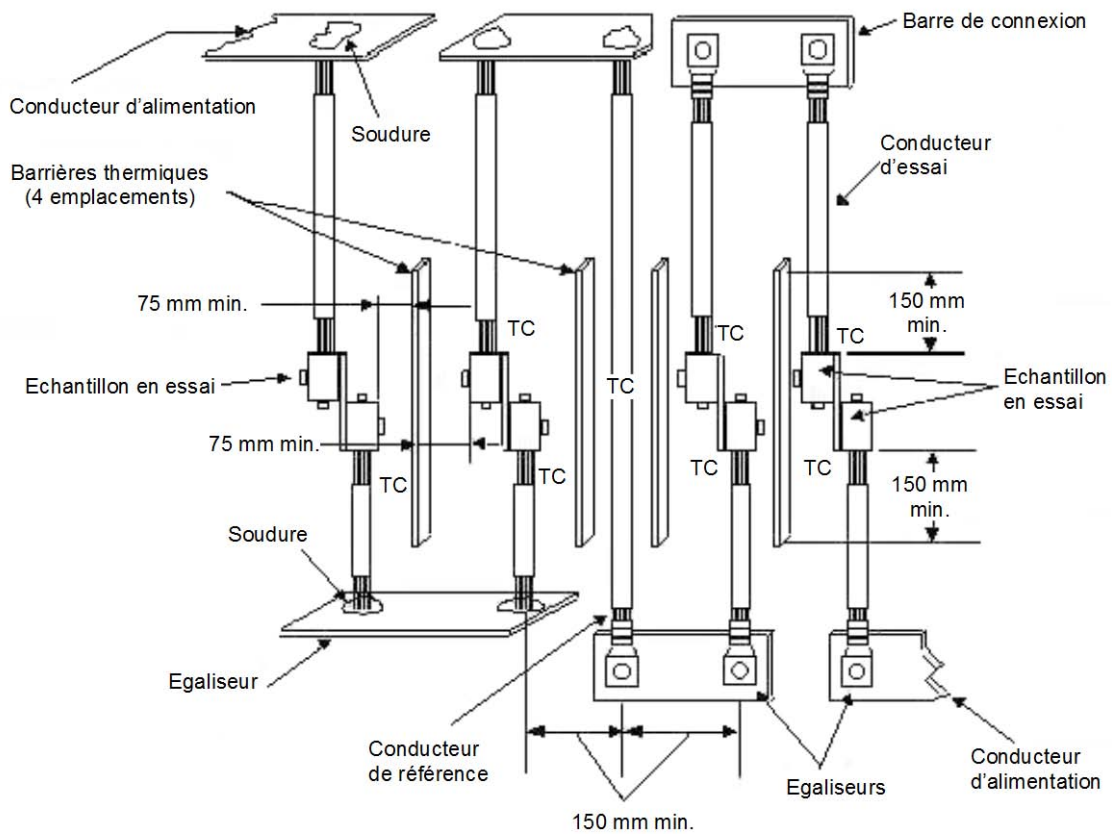
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné

Tailles métriques			Tailles AWG		
Courant assigné A	Section du conducteur Al mm ²	Courant d'essai A	Courant assigné A	Section du conducteur Al N °	Courant d'essai A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D

Mesures de la température	Nombre de cycles	Températures		Ecart de température $d = a - b$ K	Coefficient de stabilité $S_f = d - D$ K
		Borne à vis a °C	Conducteur de référence b °C		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

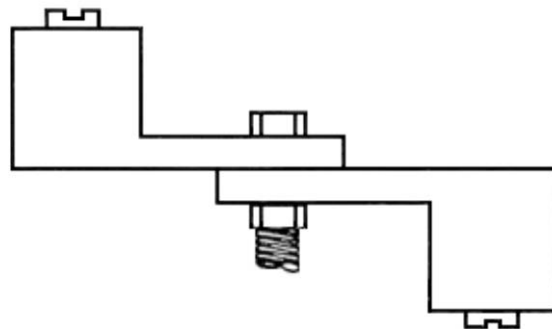
Ecart moyen de température $D = \frac{\sum d}{\text{nombre de mesures}} = \frac{9}{11} = 0,82$



TC Thermocouple

IEC 509/12

Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai



IEC 510/12

NOTE La partie conductrice peut être boulonnée, brasée ou soudée.

Figure L.2

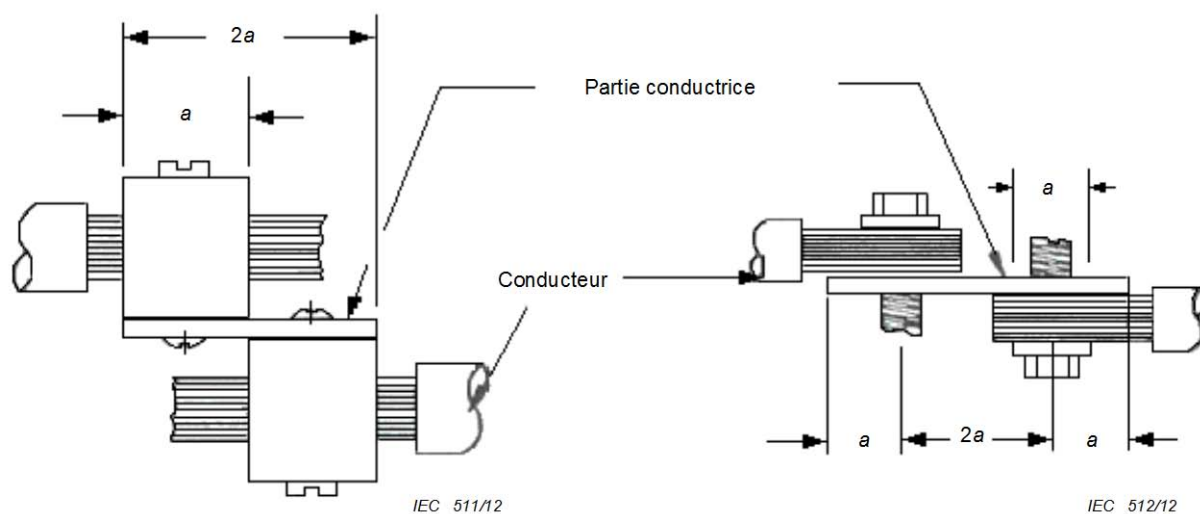


Figure L.3

Figure L.4

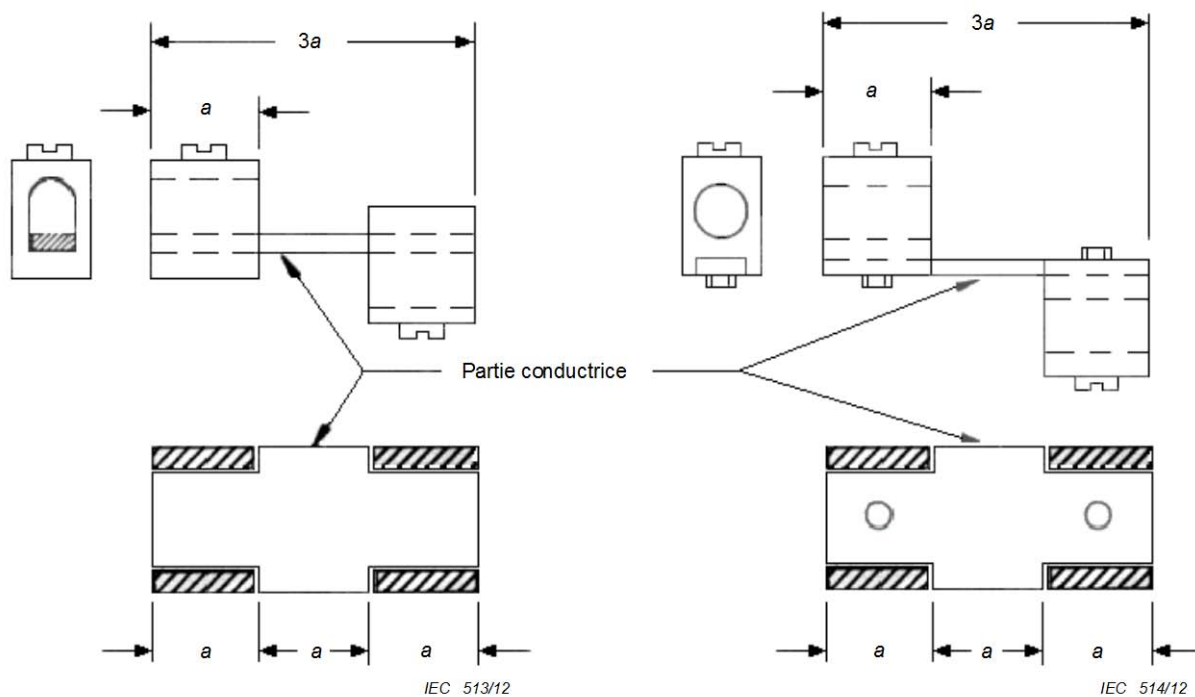


Figure L.5

Figure L.6

Bibliographie

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-101:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 101: Mathématiques*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-43:2008, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

CEI 60664-5, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

CEI 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant - Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI/TR 60755:1983, *Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*⁷

CEI 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

CEI 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60947-2, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

CEI 61008-1, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporée pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

CEI 62640, *Dispositifs à courant différentiel résiduel avec ou sans protection contre les surintensités pour les socles de prises de courant destinés à des installations domestiques et analogues*

ASTM D785-08, *Méthode pour l'essai standardisé pour la dureté Rockwell des matériaux isolants plastiques et électriques*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

⁷ L'édition 1983 a été annulée et remplacée par la CEI 60755:2008.

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection
for household and similar uses (RCBOs) –
Part 1: General rules**

**Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de
protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et
analogues (DD) –
Partie 1: Règles générales**

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope	12
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	15
3.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth	15
3.2 Definitions relating to the energization of a residual current circuit-breaker	15
3.3 Definitions relating to the operation and functions of residual current circuit-breakers	16
3.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities.....	18
3.5 Definitions relating to values and ranges of influencing quantities	23
3.6 Definitions relating to terminals.....	23
3.7 Definitions relating to conditions of operation	25
3.8 Definitions relating to constructional elements	26
3.9 Definitions relating to tests.....	27
3.10 Definitions relating to insulation coordination.....	27
4 Classification.....	29
4.1 According to the method of operation	29
4.1.1 RCBO functionally independent of line voltage (see 3.3.8)	29
4.1.2 RCBO functionally dependent on line voltage (see 3.3.9)	29
4.2 According to the type of installation.....	29
4.3 According to the number of poles and current paths	30
4.4 According to the possibility of adjusting the residual operating current	30
4.5 According to resistance to unwanted tripping due to voltage surges	30
4.6 According to behaviour in presence of d.c. components.....	30
4.7 According to time-delay (in presence of a residual current)	30
4.8 According to the protection against external influences.....	30
4.9 According to the method of mounting	30
4.10 According to the method of connection.....	31
4.11 According to the instantaneous tripping current (see 3.4.18).....	31
4.12 According to the I^2t characteristic	31
4.13 According to the type of terminals	31
5 Characteristics of RCBOs	31
5.1 Summary of characteristics.....	31
5.2 Rated quantities and other characteristics	32
5.2.1 Rated voltage	32
5.2.2 Rated current (I_n)	32
5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	32
5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$).....	32
5.2.5 Rated frequency	33
5.2.6 Rated short-circuit capacity (I_{cn}).....	33
5.2.7 Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	33
5.2.8 RCBO type S	33
5.2.9 Operating characteristics in case of residual currents with d.c. components	33
5.3 Standard and preferred values	33

5.3.1	Preferred values of rated voltage (U_n)	33
5.3.2	Preferred values of rated current (I_n)	34
5.3.3	Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)	34
5.3.4	Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)	34
5.3.5	Standard values of rated frequency	34
5.3.6	Values of rated short-circuit capacity	34
5.3.7	Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)	35
5.3.8	Limiting values of break time and non-actuating time for RCBO of type AC and A	35
5.3.9	Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping	36
5.3.10	Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})	36
6	Marking and other product information	37
7	Standard conditions for operation in service and for installation	39
7.1	Standard conditions	39
7.2	Conditions of installation	40
7.3	Pollution degree	40
8	Requirements for construction and operation	40
8.1	Mechanical design	40
8.1.1	General	40
8.1.2	Mechanism	41
8.1.3	Clearances and creepage distances (see also Annex B)	42
8.1.4	Screws, current-carrying parts and connections	45
8.1.5	Terminals for external conductors	46
8.1.6	Non-interchangeability	48
8.2	Protection against electric shock	48
8.3	Dielectric properties and isolating capability	49
8.4	Temperature-rise	49
8.4.1	Temperature-rise limits	49
8.4.2	Ambient air temperature	50
8.5	Operating characteristics	50
8.5.1	Under residual current conditions	50
8.5.2	Under overcurrent conditions	50
8.6	Mechanical and electrical endurance	52
8.7	Performance at short-circuit currents	52
8.8	Resistance to mechanical shock and impact	52
8.9	Resistance to heat	52
8.10	Resistance to abnormal heat and to fire	52
8.11	Test device	52
8.12	Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage	53
8.13	Void	53
8.14	Behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages	53
8.15	Behaviour of RCBOs in case of earth fault currents comprising a d.c. component	53
8.16	Reliability	53
8.17	Electromagnetic compatibility (EMC)	54

9	Tests.....	54
9.1	General.....	54
9.2	Test conditions.....	55
9.3	Test of indelibility of marking.....	56
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections.....	56
9.5	Test of reliability of screw-type terminals for external copper conductors.....	57
9.6	Verification of protection against electric shock.....	58
9.7	Test of dielectric properties.....	59
9.7.1	Resistance to humidity.....	59
9.7.2	Insulation resistance of the main circuit.....	59
9.7.3	Dielectric strength of the main circuit.....	60
9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits.....	61
9.7.5	Secondary circuit of detection transformers.....	62
9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements.....	62
9.7.7	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts.....	62
9.8	Test of temperature-rise.....	66
9.8.1	Ambient air temperature.....	66
9.8.2	Test procedure.....	66
9.8.3	Measurement of the temperature of parts.....	66
9.8.4	Temperature-rise of a part.....	66
9.9	Verification of the operating characteristic.....	67
9.9.1	Verification of the operating characteristics under residual current conditions.....	67
9.9.2	Verification of the operating characteristic under overcurrent conditions.....	69
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance.....	71
9.10.1	General test conditions.....	71
9.10.2	Test procedure.....	71
9.10.3	Condition of the RCBO after test.....	72
9.11	Verification of the trip-free mechanism.....	72
9.11.1	General test conditions.....	72
9.11.2	Test procedure.....	72
9.12	Short-circuit tests.....	72
9.12.1	General conditions for test.....	72
9.12.2	Test circuit for short-circuit performance.....	73
9.12.3	Values of test quantities.....	74
9.12.4	Tolerances on test quantities.....	75
9.12.5	Power factor of the test circuit.....	75
9.12.6	Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p).....	75
9.12.7	Calibration of the test circuit.....	75
9.12.8	Interpretation of records.....	76
9.12.9	Condition of the RCBO for test.....	76
9.12.10	Behaviour of the RCBO during short-circuit tests.....	77
9.12.11	Test procedure.....	77
9.12.12	Verification of the RCBO after short-circuit test.....	81
9.12.13	Verification of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$).....	81

9.13	Verification of resistance to mechanical shock and impact	82
9.13.1	Mechanical shock	82
9.13.2	Mechanical impact	83
9.14	Test of resistance to heat	85
9.15	Test of resistance to abnormal heat and to fire	86
9.16	Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage	87
9.17	Verification of the behaviour of RCBOs functionally dependent on line voltage, classified under 4.1.2.1, in case of failure of the line voltage	88
9.17.1	Determination of the limiting value of the line voltage (U_x).....	88
9.17.2	Verification of the automatic opening in case of failure of the line voltage	88
9.17.3	Verification of the correct operation, in presence of a residual current, for RCBOs opening with delay in case of failure of the line voltage	88
9.17.4	Verification of correct operation of RCBOs with three or four current paths, in presence of a residual current, the neutral and one line terminal only being energized.....	89
9.17.5	Verification of the reclosing function of automatically reclosing RCBOs	89
9.18	Void	89
9.19	Verification of behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages.....	89
9.19.1	Current surge test for all RCBOs (0,5 μ s/100 kHz ring wave test).....	89
9.19.2	Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 μ s surge current test).....	89
9.20	Void	90
9.21	Void	90
9.22	Verification of reliability.....	90
9.22.1	Climatic test.....	90
9.22.2	Test with temperature of 40 °C	92
9.23	Verification of ageing of electronic components	92
9.24	Electromagnetic compatibility (EMC)	93
9.24.1	Tests covered by the present standard	93
9.24.2	Tests to be carried out according to IEC 61543.....	93
9.25	Test of resistance to rusting	93
Annex A (normative) Test sequence and number of samples to be submitted for certification purposes.....		115
Annex B (normative) Determination of clearances and creepage distances		121
Annex C (normative) Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests.....		126
Annex D (normative) Routine tests		129
Annex E (normative) Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage		130
Annex F (normative) Coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit		131
Annex G (normative) Additional requirements and tests for RCBOs consisting of a circuit-breaker and a residual current unit designed for assembly on site		132
Annex H (informative) Void		136
Annex IA (informative) Methods for determination of short-circuit power-factor		137

Annex IB (informative) Glossary of symbols.....	138
Annex IC (informative) Examples of terminals.....	139
Annex ID (informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors	142
Annex IE (informative) Follow-up testing programme for RCBOs.....	143
Annex J (normative) Particular requirements for RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors	147
Annex K (normative) Particular requirements for RCBOs with flat quick-connect terminations.....	155
Annex L (normative) Specific requirements for RCBOs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors	162
Bibliography	172
Figure 1 – Thread-forming tapping screw (3.6.10).....	94
Figure 2 – Thread-cutting tapping screw (3.6.11).....	94
Figure 3 – Jointed test finger (9.6)	95
Figure 4 – Test circuit for the verification of – operating characteristics (9.9.1) – trip-free mechanism (9.11) – behaviour in case of failure of line voltage (9.17.3 and 9.17.4) for RCBOs functionally dependent on line voltage.....	96
Figure 5 – Test circuit for the verification of the correct operation of RCBOs, in the case of residual pulsating direct currents.....	97
Figure 6 – Test circuit for the verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents in presence of a standing smooth direct current of 0,006 A.....	98
Figure 7 – Typical diagram for all short-circuit tests except for 9.12.11.2.2.....	108
Figure 8 – Typical diagram for short-circuit tests according to 9.12.11.2.2.....	110
Figure 9 – Detail of impedances Z , Z_1 and Z_2	111
Figure 10 – Void	101
Figure 11 – Void	101
Figure 12 – Void	101
Figure 13 – Example of calibration record for short-circuit test	102
Figure 14 – Mechanical shock test apparatus (9.13.1)	103
Figure 15 – Mechanical impact test apparatus (9.13.2.1)	104
Figure 16 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.13.2.1)	105
Figure 17 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.13.2.1)	106
Figure 18 – Example of mounting an unenclosed RCBO for mechanical impact test (9.13.2.1)	107
Figure 19 – Example of mounting of panel mounting type RCBO for the mechanical impact test (9.13.2.1)	108
Figure 20 – Application of force for mechanical impact test of rail mounted RCBO (9.13.2.2)	109
Figure 21 – Ball-pressure test apparatus (9.14.2)	109
Figure 22 – Void	109
Figure 23 – Stabilizing period for reliability test (9.22.1.3).....	110
Figure 24 – Reliability test cycle (9.22.1.3)	111

Figure 25 – Example of a test circuit for verification of ageing of electronic components (9.23)	112
Figure 26 – Damped oscillator current wave, 0,5 μ s/100 kHz	112
Figure 27 – Test circuit for the ring wave test at RCBOs	113
Figure 28 – Surge current impulse 8/20 μ s	113
Figure 29 – Test circuit for the surge current test at RCBOs.....	114
Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances.....	125
Figure C.1 – Test arrangement.....	127
Figure C.2 – Grid	128
Figure C.3 – Grid circuit.....	128
Figure IC.1 – Examples of pillar terminals	139
Figure IC.2 – Example of screw terminals and stud terminals.....	140
Figure IC.3 – Example of saddle terminals	141
Figure IC.4 – Examples of lug terminals	141
Figure J.1 – Connecting samples	152
Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals	153
Figure K.1– Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise	158
Figure K.2 – Dimensions of male tabs	159
Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2).....	160
Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)	160
Figure K.5 – Dimensions of hole detents	160
Figure K.6 – Dimensions of female connectors	161
Figure L.1 – General arrangement for the test	170
Figure L.2.....	170
Figure L.3.....	171
Figure L.4.....	171
Figure L.5.....	171
Figure L.6.....	171
Table 1 – Standard values of rated short-circuit capacity	34
Table 2 – Limiting values of break time and non-actuating time for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A RCBO	35
Table 3 – Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values) for type A RCBO	36
Table 4 – Ranges of overcurrent instantaneous tripping.....	36
Table 5 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation.....	37
Table 6 – Standard conditions for operation in service	40
Table 7 – Minimum clearances and creepage distances.....	44
Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals.....	47
Table 9 – Temperature-rise values	50
Table 10 – Time-current operating characteristics.....	51
Table 11 – Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage	53
Table 12 – List of type tests	54

Table 13 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	55
Table 14 – Screw thread diameters and applied torques	56
Table 15 – Pulling forces	58
Table 17 – Test voltage of auxiliary circuits	61
Table 19 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	64
Table 20 – List of short-circuit tests.....	73
Table 21 – Power factor ranges of the test circuit	75
Table 22 – Ratio between service short-circuit capacity (I_{cs}) and rated short-circuit capacity (I_{cn}) – (factor k)	79
Table 23 – Test procedure for I_{cs} in the case of single- and two-pole RCBOs	80
Table 24 – Test procedure for I_{cs} in the case of three- and four-pole RCBOs	80
Table 25 – Test procedure for I_{cn}	81
Table 27 – Tests covered by this standard	93
Table 28 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out	64
Table 29 – Tests to be carried out according to IEC 61543	93
Table A.1 – Test sequences.....	115
Table A.2 – Number of samples for full test procedure	117
Table A.3 – Number of samples for simplified test procedure	119
Table A.4 – Test sequences for RCBOs having different instantaneous tripping currents.....	120
Table A.5 – Test sequences for RCBOs of different classification according to 4.6	120
Table IE.1 – Test sequences during follow-up inspections	143
Table IE.2 – Number of samples to be tested	146
Table J.1 – Connectable conductors.....	149
Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals	150
Table J.3 – Pull forces	151
Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor	156
Table K.2 – Overload test forces	157
Table K.3 – Dimensions of tabs.....	158
Table K.4 – Dimensions of female connectors	161
Table L.1 – Marking for terminals	163
Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals	164
Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals	165
Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters	165
Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents.....	166
Table L.6 – Test conductor length	167
Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions.....	167
Table L.8 – Test current as a function of rated current	169
Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D....	169

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RESIDUAL CURRENT OPERATED CIRCUIT-BREAKERS WITH INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USES (RCBOs) –

Part 1: General rules

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This Consolidated version of IEC 61009-1 bears the edition number 3.2. It consists of the third edition (2010) [documents 23E/682/FDIS and 23E/686/RVD], its amendment 1 (2012) [documents 23E/741/FDIS and 23E/745/RVD] and its amendment 2 (2013) [documents 23E/796/FDIS and 23E/820/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61009-1 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- complete revision of EMC sequences, including the new test T.2.6, already approved in IEC 61543;
- clarification of RCDs current/time characteristics reported in Tables 2 and 3;
- revision of test procedure for $I_{\Delta n}$ between 5 A and 200 A;
- tests for the use of RCBOs in IT systems;
- testing procedure regarding the 6mA d.c. current superimposed to the fault current;
- improvement highlighting RCDs with multiple sensitivity;
- some alignments with IEC 60898-1.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 61009 series, under the general title *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

This part includes definitions, requirements and tests covering all types of RCBOs. For applicability to a specific type, this part applies in conjunction with the relevant part, as follows:

Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBOs functionally independent of line voltage.

Part 2-2: Applicability of the general rules to RCBOs functionally dependent on line voltage.

RESIDUAL CURRENT OPERATED CIRCUIT-BREAKERS WITH INTEGRAL OVERCURRENT PROTECTION FOR HOUSEHOLD AND SIMILAR USES (RCBOs) –

Part 1: General rules

1 Scope

This International Standard applies to residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection functionally independent of, or functionally dependent on, line voltage for household and similar uses (hereafter referred to as RCBOs), for rated voltages not exceeding 440 V a.c. with rated frequencies of 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz and rated currents not exceeding 125 A and rated short-circuit capacities not exceeding 25 000 A for operation at 50 Hz or 60 Hz.

These devices are intended to protect people against indirect contact, the exposed conductive parts of the installation being connected to an appropriate earth electrode and to protect against overcurrents the wiring installations of buildings and similar applications. They may be used to provide protection against fire hazards due to a persistent earth fault current, without the operation of the overcurrent protective device.

RCBOs having a rated residual operating current not exceeding 30 mA are also used as a means for additional protection in the case of failure of the protective means against electric shock.

This standard applies to devices performing simultaneously the function of detection of the residual current, of comparison of the value of this current with the residual operating value and of opening of the protected circuit when the residual current exceeds this value, and also of performing the function of making, carrying and breaking overcurrents under specified conditions.

NOTE 1 The content of the present standard related to operation under residual current conditions is based on IEC 61008-1. The content of the present standard related to protection against overcurrents is based on IEC 60898-1.

NOTE 2 RCBOs are essentially intended to be operated by uninstructed persons and designed not to require maintenance. They may be submitted for certification purposes.

NOTE 3 Installation and application rules of RCBOs are given in the IEC 60364 series.

They are intended for use in an environment with pollution degree 2.

NOTE 4 For more severe overvoltage conditions, circuit-breakers complying with other standards (e.g. IEC 60947-2) should be used.

NOTE 5 For environments with higher pollution degrees, enclosures giving the appropriate degree of protection should be used.

RCBOs of the general type are resistant to unwanted tripping, including the case where surge voltages (as a result of switching transients or induced by lightning) cause loading currents in the installation without occurrence of flashover.

RCBOs of type S are considered to be sufficiently proof against unwanted tripping even if the surge voltage causes a flashover and a follow-on current occurs.

NOTE 6 Surge arresters installed downstream of the general type of RCBOs and connected in common mode may cause unwanted tripping.

RCBOs are suitable for isolation.

RCBOs complying with this standard, with the exception of those with an uninterrupted neutral, are suitable for use in IT systems.

Special precautions (e.g. lightning arresters) may be necessary when excessive overvoltages are likely to occur on the supply side (for example in the case of supply through overhead lines) (see IEC 60364-4-44).

NOTE 7 For RCBOs having a degree of protection higher than IP20 special constructions may be required.

This standard also applies to RCBOs obtained by the assembly of an adaptable residual current device with a circuit-breaker. The mechanical assembly shall be effected in the factory by the manufacturer, or on site, in which case the requirements of Annex G shall apply. It also applies to RCBOs having more than one rated current, provided that the means for changing from one discrete rating to another is not accessible in normal service and that the rating cannot be changed without the use of a tool.

Supplementary requirements may be necessary for RCBOs of the plug-in type.

Particular requirements are necessary for RCBOs incorporated in or intended only for association with plugs and socket-outlets or with appliance couplers for household and similar general purposes and if intended to be used at frequencies other than 50 Hz or 60 Hz.

For RCBOs incorporated in, or intended only for association with socket-outlets, the requirements of this standard may be used, as far as applicable, in conjunction with the requirements of IEC 60884-1 or the national requirements of the country where the product is placed on the market.

NOTE 8 Residual current-operated protective devices (RCDs) incorporated in, or intended only for association with socket-outlets, can either meet IEC 62640 or this standard.

NOTE 9 In DK, plugs and socket-outlets shall be in accordance with the requirements of the heavy current regulations section 107.

NOTE 10 In the UK, the plug part associated with an RCBO shall comply with BS 1363-1 and the socket-outlet(s) associated with an RCBO shall comply with BS 1363-2. In the UK, the plug part and the socket-outlet(s) associated with an RCBO need not comply with any IEC 60884-1 requirements.

This standard does not apply to:

- RCBOs intended to protect motors;
- RCBOs the current setting of which is adjustable by means accessible to the user in normal service.

The requirements of this standard apply for normal environmental conditions (see 7.1). Additional requirements may be necessary for RCBOs used in locations having severe environmental conditions.

RCBOs including batteries are not covered by this standard.

A guide for the coordination of RCBOs with fuses is given in Annex F.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2:1994, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 h cycle)*

IEC 60068-3-4: 2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems¹*

IEC 60364-5-53:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing /hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60898-1:2002, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 61543:1995, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*
Amendment 1:2004
Amendment 2:2005

CISPR 14-1:2009, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

¹ A third edition is currently in preparation.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply r.m.s. values, unless otherwise specified.

NOTE 1 Reference to IEC definitions is also made when the terms "device" or "mechanical switching device" are replaced by the term "RCBO".

NOTE 2 For a glossary of symbols see Annex IB.

3.1 Definitions relating to currents flowing from live parts to earth

3.1.1

earth fault current

current flowing to earth due to an insulation fault

3.1.2

earth leakage current

current flowing from the live parts of the installation to earth in the absence of an insulation fault

3.1.3

pulsating direct current

current of pulsating wave form which assumes, in each period of the rated power frequency, the value 0 or a value not exceeding 0,006 A d.c. during one single interval of time, expressed in angular measure, of at least 150°

3.1.4

current delay angle α

time, expressed in angular measure, by which the starting instant of current conduction is delayed by phase control

3.2 Definitions relating to the energization of a residual current circuit-breaker

3.2.1

energizing quantity

electrical excitation quantity which, alone or in combination with other such quantities, shall be applied to an RCBO to enable it to accomplish its function under specified conditions

3.2.2

energizing input-quantity

energizing quantity by which the RCBO is activated when it is applied under specified conditions

NOTE These conditions may involve, for example, the energizing of certain auxiliary elements.

3.2.3

residual current

I_{Δ}

vector sum of the instantaneous values of the current flowing in the main circuit of the RCBO (expressed as r.m.s. value)

3.2.4

residual operating current

value of residual current which causes the RCBO to operate under specified conditions

3.2.5

residual non-operating current

value of residual current at and below which the RCBO does not operate under specified conditions

3.2.6

residual current ($I_{\Delta t}$) of an RCBO

value of residual current which is the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C or D (see footnote c of Table 2)

3.3 Definitions relating to the operation and functions of residual current circuit-breakers

3.3.1

switching device

device designed to make or break the current in one or more electric circuits

[IEV 441-14-01:1984]

3.3.2

mechanical switching device

switching device designed to close and open one or more electric circuits by means of separable contacts

[IEV 441-14-02: 1984, modified]

3.3.3

fuse

switching device that, by the melting of one or more of its specially designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when it exceeds a given value for a sufficient time. The fuse comprises all the parts that form the complete device

[IEV 441-18-01:1984, modified]

3.3.4

circuit-breaker

mechanical switching device, capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions and also making, carrying for a specified time and (automatically) breaking currents under specified abnormal conditions such as those of short-circuit

[IEV 441-14-20:1984, modified]

3.3.5

residual current operated circuit-breaker

mechanical switching device designed to make, carry and break currents under normal service conditions and to cause the opening of the contacts when the residual current attains a given value under specified conditions

3.3.6

residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection

RCCB

residual current operated circuit-breaker not designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

3.3.7

residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection

RCBO

residual current operated circuit-breaker designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

3.3.8

RCBOs functionally independent of line voltage

RCBOs for which the functions of detection, evaluation and interruption do not depend on the line voltage

NOTE These devices are defined in 2.3.2 of IEC/TR 60755:1983 as residual current devices without auxiliary source.

3.3.9

RCBOs functionally dependent on line voltage

RCBOs for which the functions of detection, evaluation or interruption depend on the line voltage

NOTE 1 This definition covers partially the definition of residual current devices with auxiliary source of 2.3.3 of IEC 60755:1983.

NOTE 2 It is understood that the line voltage is applied to the RCBO, for detection, evaluation or interruption.

3.3.10

break time of an RCBO

time which elapses between the instant when the residual operating current is suddenly attained and the instant of arc extinction in all poles

3.3.11

limiting non-actuating time

maximum delay during which a value of residual current higher than the residual non-operating current can be applied to the RCBO without causing it to operate

3.3.12

time-delay RCBO

RCBO specially designed to attain a pre-determined value of limiting non-actuating time, corresponding to a given value of residual current

3.3.13

closed position

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the RCBO is secured

[IEV 441-16-22]

3.3.14

open position

position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the RCBO is secured

[IEV 441-16-23]

3.3.15

pole

that part of an RCBO associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit provided with contacts intended to connect and disconnect the main circuit itself and excluding those portions which provide a means for mounting and operating the poles together

3.3.15.1

overcurrent protected pole

pole provided with an overcurrent release, hereafter referred to as protected pole

3.3.15.2**overcurrent unprotected pole**

pole without an overcurrent release, but otherwise generally capable of the same performance as a protected pole of the same RCBO, hereafter referred to as unprotected pole

NOTE 1 To ensure this requirement, the unprotected pole may be of the same construction as the protected pole(s), or of a particular construction.

NOTE 2 If the short-circuit capacity of the unprotected pole is different from that of the protected pole(s), this should be indicated by the manufacturer.

3.3.15.3**switched neutral pole**

pole only intended to switch the neutral and not intended to have a short-circuit capacity

3.3.16**uninterrupted neutral**

current path, not interrupted and not protected against overcurrents, intended to be connected to the neutral conductor of the installation

3.3.17**main circuit (of an RCBO)**

all the conductive parts of an RCBO included in the current paths (see 4.3)

3.3.18**control circuit (of an RCBO)**

circuit (other than a path of the main circuit) intended for the closing operation or the opening operation, or both, of the RCBO

NOTE The circuits intended for the test device are included in this definition.

3.3.19**auxiliary circuit (of an RCBO)**

all the conductive parts of an RCBO which are intended to be included in a circuit other than the main circuit and the control circuit of the RCBO

[IEV 441-15-04]

3.3.20**RCBO type AC**

RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising

3.3.21**RCBO type A**

RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents, whether suddenly applied or slowly rising

3.3.22**test device**

device incorporated in the RCBO simulating the residual current conditions for the operation of the RCBO under specified conditions

3.4 Definitions relating to values and ranges of energizing quantities**3.4.1****rated value**

quantity value assigned by the manufacturer, for a specific operating condition of an RCBO

3.4.2

overcurrent

any current exceeding the rated current

3.4.2.1

overload current

overcurrent occurring in an electrically undamaged circuit

NOTE An overload current may cause damage if sustained for a sufficient time.

3.4.2.2

short-circuit current

overcurrent resulting from a fault of negligible impedance between points intended to be at different potentials in normal service

NOTE A short-circuit current may result from a fault or from an incorrect connection.

3.4.3

prospective current

current that would flow in the circuit, if each main current path of the RCBO and of the overcurrent protective device (if any) were replaced by a conductor of negligible impedance

NOTE The prospective current may be qualified in the same manner as an actual current, for example: prospective breaking current, prospective peak current, prospective residual current, etc.

3.4.4

prospective peak current

peak value of a prospective current during the transient period following initiation

NOTE The definition assumes that the current is made by an ideal RCBO, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, for example polyphase circuits, it further assumes that the current is established simultaneously in all poles, even if the current only in one pole is considered.

3.4.5

maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)

prospective peak current, when the initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

NOTE For a multipole circuit-breaker in a polyphase circuit, the maximum prospective peak current refers to a single pole only.

3.4.6

short-circuit (making and breaking) capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its r.m.s. value, which the RCBO is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

3.4.6.1

ultimate short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence do not include the capability of the RCBO to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.4.6.2

service short-circuit breaking capacity

breaking capacity for which the prescribed conditions according to a specified test sequence include the capability of the RCBO to carry 0,85 times its non-tripping current for the conventional time

3.4.7

breaking current

current in a pole of an RCBO at the instant of initiation of the arc during a breaking process

[IEV 441-17-07:1984, modified]

NOTE For a.c., reference is made to the r.m.s. value.

3.4.8

applied voltage

voltage which exists across the terminals of a pole of an RCBO just before the making of the current

[IEV 441-17-24:1984]

NOTE This definition refers to a single-pole RCBO. For a multipole RCBO, the applied voltage is the voltage across the supply terminals of the RCBO.

3.4.9

recovery voltage

voltage which appears across the terminals of a pole of an RCBO after the breaking of the current

[IEV 441-17-25:1984]

NOTE 1 This voltage may be considered as comprising two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which power-frequency voltage alone exists.

NOTE 2 This definition refers to a single-pole RCBO. For a multipole RCBO, the recovery voltage is the voltage across the supply terminals of the RCBO.

3.4.9.1

transient recovery voltage

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

NOTE The transient voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit and of the RCBO. It includes the voltage shift of the neutral of a polyphase circuit.

[IEV 441-17-26:1984, modified]

3.4.9.2

power-frequency recovery voltage

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[IEV 441-17-27;1984]

3.4.10

opening time

time measured from the instant at which, the RCBO being in the closed position, the current in the main circuit reaches the operating value of the overcurrent release to the instant when the arcing contacts have separated in all poles

NOTE The opening time is commonly referred to as tripping time, although, strictly speaking, tripping time applies to the time between the instant of initiation of the opening time and the instant at which the opening command becomes irreversible.

3.4.11

Definitions relating to arcing time

3.4.11.1

arcing time of a pole

interval of time between the instant of initiation of the arc in a pole and the instant of final arc extinction in that pole

[IEV 441-17-37, modified]

3.4.11.2

arcing time of a multipole RCBO

interval of time between the instant of first initiation of the arc and the instant of final arc extinction in all poles

[IEV 441-17-38]

3.4.12

break time (in case of overcurrent)

interval of time between the beginning of the opening time of an RCBO and the end of the arcing time, in case of overcurrent

[IEV 441-17-39:1984, modified]

3.4.13

I^2t (Joule integral)

integral of the square of the current over a given time interval (t_0 , t_1):

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

[IEV 441-18-23:1984]

3.4.14

I^2t characteristic of an RCBO

curve giving the maximum value of I^2t as a function of the prospective current under stated conditions of operation

3.4.15

Coordination between overcurrent protective devices in series

3.4.15.1

selectivity-limit current

I_s

current coordinate of the intersection between the maximum break-time current characteristic of the protective device on the load side and the pre-arcing (for fuses) or tripping (for circuit-breakers) time-current characteristic of the other protective device

NOTE 1 The selectivity-limit current is a limiting value of current:

- below which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device on the load side completes its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is ensured);
- above which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device on the load side may not complete its breaking operation in time to prevent the other protective device from starting its operation (i.e. selectivity is not ensured).

NOTE 2 I^2t characteristics may be used instead of time-current characteristics.

3.4.15.2

take-over current

I_B

current coordinate of the intersection between the maximum break time-current characteristics of two overcurrent protective devices

NOTE 1 The take-over current is a limiting value of current above which, in the presence of two overcurrent protective devices in series, the protective device generally, but not necessarily, on the supply side, provides back-up operation for the other protective device.

NOTE 2 I^2t characteristics may be used instead of time-current characteristics.

3.4.16**conventional non-tripping current** **I_{nt}**

specified value of current which the RCBO can carry for a specified time (conventional time) without operating

[IEV 441-17-22 :1984]

3.4.17**conventional tripping current** **I_t**

specified value of current which causes the RCBO to operate within a specified time (conventional time)

3.4.18**instantaneous tripping current**

minimum value of current which causes the circuit-breaker to operate automatically without intentional time-delay

3.4.19**non-operating overcurrents in the main circuit**

NOTE In the case of overcurrent in the main circuit, in the absence of residual current, operation of the detecting device may occur as a consequence of asymmetry existing in the detecting device itself.

3.4.19.1**limiting value of overcurrent in case of a load through an RCBO with two current paths**

maximum value of overcurrent of a load which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through an RCBO with two current paths without causing it to operate

3.4.19.2**limiting value of overcurrent in case of a single phase load through a three-pole or four-pole RCBO**

maximum value of a single phase overcurrent which, in the absence of any fault to frame or to earth, and in the absence of an earth leakage current, can flow through a three-pole or a four-pole RCBO without causing it to operate

3.4.20**residual making and breaking capacity**

value of the a.c. component of a residual prospective current which an RCBO can make, carry for its opening time and break under specified conditions of use and behaviour

3.4.21**limiting values (U_x and U_y) of the line voltage for RCBOs functionally dependent on line voltage****3.4.21.1** **U_x**

minimum value of the line voltage at which an RCBO functionally dependent on line voltage still operates under specified conditions in case of decreasing line voltage (see 9.17.1)

3.4.21.2 **U_y**

minimum value of the line voltage below which an RCBO functionally dependent on line voltage opens automatically in the absence of any residual current (see 9.17.2)

3.5 Definitions relating to values and ranges of influencing quantities

3.5.1

influencing quantity

any quantity likely to modify the specified operation of an RCBO

3.5.2

reference value of an influencing quantity

value of an influencing quantity to which the characteristics stated by the manufacturer are referred

3.5.3

reference conditions of influencing quantities

collectively, the reference values of all influencing quantities

3.5.4

range of an influencing quantity

range of values of an influencing quantity which permits the RCBO to operate under specified conditions, the other influencing quantities having their reference values

3.5.5

extreme range of an influencing quantity

range of values of an influencing quantity within which the RCBO suffers only spontaneously reversible changes, although not necessarily complying with any requirements

3.5.6

ambient air temperature

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the RCBO

NOTE For RCBOs installed inside an enclosure, it is the temperature of the air outside the enclosure.

[IEV 441-11-13]

3.5.7

reference ambient air temperature

ambient air temperature on which the time-overcurrent characteristics are based

3.6 Definitions relating to terminals

3.6.1

terminal

conductive part of an RCBO, provided for re-usable electrical connection to external circuits

3.6.2

screw-type terminal

terminal for the connection and subsequent disconnection of one conductor or the interconnection of two or more conductors capable of being dismantled, the connections being made, directly or indirectly, by means of screws or nuts of any kind

3.6.3

pillar terminal

screw-type terminal in which the conductor is inserted into a hole or cavity, where it is clamped under the shank of the screw(s)

NOTE 1 The clamping pressure may be applied directly by the shank of the screw or by an intermediate clamping element to which pressure is applied by the shank of the screw.

NOTE 2 Examples of pillar terminals are shown in Figure IC.1 of Annex IC.

3.6.4

screw terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under the head of the screw. The clamping pressure may be applied directly by the head of the screw or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device

NOTE Examples of screw terminals are shown in Figure IC.2a of Annex IC.

3.6.5

stud terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a nut

NOTE 1 The clamping pressure may be applied directly by a suitably shaped nut or through an intermediate part, such as a washer, a clamping plate or an anti-spread device.

NOTE 2 Examples of stud terminals are shown in Figure IC.2b.

3.6.6

saddle terminal

screw-type terminal in which the conductor is clamped under a saddle by means of two or more screws or nuts

NOTE Examples of saddle terminals are shown in Figure IC.3.

3.6.7

lug terminal

screw terminal or a stud terminal, designed for clamping a cable lug or a bar by means of a screw or nut

NOTE Examples of lug terminals are shown in Figure IC.4.

3.6.8

screwless terminal

connecting terminal for the connection and subsequent disconnection of one conductor or the dismantlable interconnection of two or more conductors capable of being dismantled, the connection being made, directly or indirectly, by means of springs, wedges, eccentrics or cones, etc., without special preparation of the conductor other than removal of insulation

3.6.9

tapping screw

screw manufactured from a material having high resistance to deformation, when applied by rotary insertion to a hole in a material having less resistance to deformation than the screw

NOTE The screw is made with a tapered thread, the taper being applied to the core diameter of the thread at the end section of the screw. The thread produced by application of the screw is formed securely only after sufficient revolutions have been made to exceed the number of threads on the tapered section.

3.6.10

thread forming tapping screw

tapping screw having an uninterrupted thread

NOTE 1 It is not a function of this thread to remove material from the hole.

NOTE 2 An example of a thread forming tapping screw is shown in Figure 1.

3.6.11

thread cutting tapping screw

tapping screw having an interrupted thread

NOTE 1 It is a function of this thread to remove material from the hole.

NOTE 2 An example of a thread cutting tapping screw is shown in Figure 2.

3.7 Definitions relating to conditions of operation

3.7.1

operation

transfer of the moving contact(s) from the open position to the closed position or vice versa

NOTE If distinction is necessary, an operation in the electrical sense (i.e. make or break) is referred to as a switching operation and an operation in the mechanical sense (i.e. close or open) is referred to as a mechanical operation.

3.7.2

closing operation

operation by which the RCBO is brought from the open position to the closed position

[IEV 441-16-08:1984]

3.7.3

opening operation

operation by which the RCBO is brought from the closed position to the open position

[IEV 441-16-09:1984]

3.7.4

dependent manual operation

operation solely by means of directly applied manual energy, such that the speed and force of the operation are dependent on the action of the operator

[IEV 441-16-13]

3.7.5

independent manual operation

stored energy operation where the energy originates from manual power, stored and released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

IEV 441-16-16]

3.7.6

trip-free RCBO

an RCBO, the moving contacts of which return to and remain in the open position when the (automatic) opening operation is initiated after the initiation of the closing operation, even if the closing command is maintained

NOTE To ensure proper breaking of the current which may have been established, it may be necessary that the contacts momentarily reach the closed position.

[IEV 441-16-31]

3.7.7

operating cycle

succession of operations from one position to another and back to the first position through all other positions, if any

[IEV 441-16-02]

3.7.8

sequence of operations

succession of specified operations with specified time intervals

3.7.9

uninterrupted duty

duty in which the main contacts of an RCBO remain closed whilst carrying a steady current without interruption for long periods (which could be weeks, months, or even years)

3.8 Definitions relating to constructional elements

3.8.1

main contact

contact included in the main circuit of an RCBO, intended to carry, in the closed position, the current of the main circuit

[IEV 441-15-07:1984]

3.8.2

arcing contact

contact on which the arc is intended to be initiated

NOTE An arcing contact may serve as a main contact. It may also be a separate contact so designed that it opens after and closes before another contact which it is intended to protect from damage.

3.8.3

control contact

contact included in a control circuit of an RCBO and mechanically operated by the RCBO

[IEV 441-15-09]

3.8.4

auxiliary contact

contact included in an auxiliary circuit and mechanically operated by the RCBO (e.g. for indicating the position of the contacts)

[IEV 441-15-10:1984, modified]

3.8.5

release

device, mechanically connected to (or integrated into) an RCBO which releases the holding means and permits the automatic opening of the RCBO

[IEV 441-15-17, modified]

NOTE In the IEV definition, reference to closing is also made.

3.8.6

overcurrent release

release which permits an RCBO to open with or without time-delay when the current in the release exceeds a predetermined value

NOTE In some cases, this value may depend upon the rate of rise of current.

[IEV 441-16-33:1984]

3.8.7

inverse time-delay overcurrent release

overcurrent release which operates after a time-delay inversely dependent upon the value of the overcurrent

NOTE Such a release may be designed so that the time-delay approaches a definite minimum for high values of overcurrent.

[IEV 441-16-35:1984]

3.8.8

direct overcurrent release

overcurrent release directly energized by the current in the main circuit of an RCBO

[IEV 441-16-36:1984]

3.8.9

overload release

overcurrent release intended for protection against overloads

[IEV 441-16-38:1984]

3.8.10

conductive part

part which is capable of conducting current, although it may not necessarily be used for carrying service current

[IEV 441-11-09:1984]

3.8.11

exposed conductive part

conductive part which can be readily touched and which normally is not live, but which may become live under fault conditions

[IEV 441-11-10:1984]

3.9 Definitions relating to tests

3.9.1

type test

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain requirements

3.9.2

routine test

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

3.10 Definitions relating to insulation coordination

3.10.1

insulation coordination

mutual correlation of insulation characteristics of electrical equipment taking into account the expected micro-environment and other influencing stresses

[IEC 60664-1:2007, definition 3.1]

3.10.2

working voltage

highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is supplied at rated voltage

NOTE 1 Transients are disregarded.

NOTE 2 Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

[IEC 60664-1:2007, definition 3.5]

3.10.3

overvoltage

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

[IEC 60664-1:2007, definition 3.7]

3.10.4

impulse withstand voltage

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown of the insulation under specific conditions

[IEC 60664-1:2007, definition 3.8.1]

3.10.5

overvoltage category

numeral defining a transient overvoltage condition

[IEC 60664-1:2007, definition 3.10]

3.10.6

macro-environment

environment of the room or other location, in which the equipment is installed or used

[IEC 60664-1:2007, definition 3.12.1]

3.10.7

micro-environment

immediate environment of the insulation which particularly influences the dimensioning of the creepage distances

[IEC 60664-1:2007, definition 3.12.2]

3.10.8

pollution

any addition of foreign matter, solid, liquid or gaseous that can result in a reduction of electric strength or surface resistivity of the insulation

[IEC 60664-1:2007, definition 3.11]

3.10.9

pollution degree

numeral characterizing the expected pollution of the micro-environment

[IEC 60664-1:2007, definition 3.13]

NOTE The pollution degree to which equipment is exposed may be different from that of the macro-environment where the equipment is located because of protection offered by means such as an enclosure or internal heating to prevent absorption or condensation of moisture.

3.10.10

isolation (isolating function)

function intended to cut off the supply from the whole installation or a discrete section of it by separating it from every source of electrical energy for reasons of safety

[IEC 60947-1:2007, definition 2.1.19, modified]

3.10.11

isolating distance

clearance between open contacts, meeting the safety requirements specified for isolation purposes

[IEV 441-17-35:1984, modified]

3.10.12

clearance

shortest distance in air between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[IEV 441-17-31, modified]

NOTE 1 For the purpose of determining a clearance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure should be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 3.

NOTE 2 See also Annex B.

3.10.13

creepage distance

shortest distance along the surface of an insulating material between two conductive parts

[IEV 604-03-61:1987, modified]

NOTE 1 For the purpose of determining a creepage distance to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure should be considered conductive as if it was covered by a metal foil wherever it can be touched by a hand or a standard test finger according to Figure 3.

NOTE 2 See also Annex B.

4 Classification

RCBOs are classified in the following 12 ways:

4.1 According to the method of operation

NOTE The selection of the various types is made according to the requirements of IEC 60364-5-53.

4.1.1 RCBO functionally independent of line voltage (see 3.3.8)

4.1.2 RCBO functionally dependent on line voltage (see 3.3.9)

4.1.2.1 Opening automatically in case of failure of the line voltage, without or with delay (see 8.12):

- a) reclosing automatically when the line voltage is restored;
- b) not reclosing automatically when the line voltage is restored.

4.1.2.2 Not opening automatically in case of failure of the line voltage:

- a) able to trip in case of a hazardous situation (e.g. due to an earth fault), arising on failure of the line voltage (requirements under consideration);
- b) not able to trip in case of a hazardous situation (e.g. due to an earth fault), arising on failure of line voltage.

NOTE The selection of the RCBOs in b) is subject to the conditions of 531.2.2.2 of IEC 60364-5-53:2001.

4.2 According to the type of installation

- RCBO for fixed installation and fixed wiring;
- RCBO for mobile installation and corded connection (of the device itself to the supply).

4.3 According to the number of poles and current paths

- single-pole RCBO with one overcurrent protected pole and uninterrupted neutral (see 3.3.16) (two current paths);
- two-pole RCBO with one overcurrent protected pole;
- two-pole RCBO with two overcurrent protected poles;
- three-pole RCBO with three overcurrent protected poles;
- three-pole RCBO with three overcurrent protected poles and uninterrupted neutral (four current paths);
- four-pole RCBO with three overcurrent protected poles;
- four-pole RCBO with four overcurrent protected poles.

NOTE The pole which is not an overcurrent protected pole (see 3.3.15.1) may be:

- "unprotected" (see 3.3.15.2), or
- "switched neutral" (see 3.3.15.3).

4.4 According to the possibility of adjusting the residual operating current

- RCBO with a single value of rated residual operating current;
- RCBO with multiple settings of residual operating current by fixed steps (see 5.2.3).

4.5 According to resistance to unwanted tripping due to voltage surges

- RCBOs with normal resistance to unwanted tripping (general type as in Table 2, and Table 3 if applicable);
- RCBOs with increased resistance to unwanted tripping (S type as in Table 2, and Table 3 if applicable).

4.6 According to behaviour in presence of d.c. components

- RCBOs of type AC;
- RCBOs of type A.

4.7 According to time-delay (in presence of a residual current)

- RCBO without time-delay: type for general use;
- RCBO with time-delay: type S for selectivity.

4.8 According to the protection against external influences

- enclosed-type RCBO (not requiring an appropriate enclosure);
- unenclosed-type RCBO (for use with an appropriate enclosure).

4.9 According to the method of mounting

- surface-type RCBO;
- flush-type RCBO;
- panel board type RCBO, also referred to as distribution board type.

NOTE These types may be intended to be mounted on rails.

4.10 According to the method of connection

- RCBOs, the electrical connections which are not associated with the mechanical mounting;
- RCBOs, the electrical connections which are associated with the mechanical mounting.

NOTE Examples of this type are:

- plug-in type;
- bolt-on type;
- screw-in type.

Some RCBOs may be of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.

4.11 According to the instantaneous tripping current (see 3.4.18)

- B-type RCBO;
- C-type RCBO;
- D-type RCBO.

4.12 According to the I^2t characteristic

In addition to the I^2t characteristic to be provided by the manufacturer in accordance with Clause 5, RCBOs may be classified according to their I^2t characteristic.

4.13 According to the type of terminals

- RCBOs with screw-type terminals for external copper conductors;
- RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors;

NOTE 1 The requirements for RCBOs equipped with these types of terminals are given in Annex J.

- RCBOs with flat quick-connect terminals for external copper conductors;

NOTE 2 The requirements for RCBOs equipped with these types of terminals are given in Annex K.

- RCBOs with screw-type terminals for external aluminium conductors.

NOTE 3 The requirements for RCBOs equipped with this type of terminal are given in Annex L.

5 Characteristics of RCBOs

5.1 Summary of characteristics

The characteristics of an RCBO shall be stated in the following terms:

- type of installation (see 4.2);
- number of poles and current paths (see 4.3);
- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated residual operating current $I_{\Delta n}$ (see 5.2.3);
- rated residual non-operating current $I_{\Delta no}$ (see 5.2.4);
- rated voltage U_n (see 5.2.1);
- rated frequency (see 5.2.5);
- rated short-circuit capacity I_{cn} (see 5.2.6);
- rated residual making and breaking capacity $I_{\Delta m}$ (see 5.2.7);
- time-delay, if applicable (see 5.2.8);
- operating characteristics in case of residual currents with d.c. components (see 5.2.9);
- method of mounting (see 4.9);
- method of connection (see 4.10);
- range of instantaneous tripping overcurrent (see 4.11);

- I^2t classification (see 4.12);
- degree of protection (see IEC 60529).

For RCBOs functionally dependent on line voltage:

- behaviour of the RCBO in case of failure of line voltage (see 4.1.2).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_e)

The rated operational voltage (hereafter referred to as "rated voltage") of an RCBO is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

NOTE The same RCBO may be assigned a number of rated voltages and associated rated short-circuit capacities.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an RCBO is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the RCBO. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage of an RCBO shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage given in Table 5.

5.2.2 Rated current (I_n)

A current assigned by the manufacturer as the current which the RCBO can carry in uninterrupted duty (see 3.7.9), at a specified reference ambient air temperature.

The standard reference ambient air temperature is 30 °C. If a different reference ambient air temperature for the RCBO is used, the effect on the overload protection of cables shall be taken into account, since this is also based on a reference ambient air temperature of 30 °C, according to installation rules (see Clause 523 of IEC 60364-5-52:2001).

5.2.3 Rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

The value of residual operating current (see 3.2.4), assigned to the RCBO by the manufacturer, at which the RCBO shall operate under specified conditions.

For an RCBO having multiple settings of residual operating current, the highest setting is used to designate it.

RCBOs with continuously adjustable settings are not allowed.

5.2.4 Rated residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The value of residual non-operating current (3.2.5), assigned to the RCBO by the manufacturer, at which the RCBO does not operate under specified conditions.

5.2.5 Rated frequency

The rated frequency of an RCBO is the power frequency for which the RCBO is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

NOTE The same RCBO may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.6 Rated short-circuit capacity (I_{cn})

The rated short-circuit capacity of an RCBO is the value of the ultimate short-circuit breaking capacity (see 3.4.6.1) assigned to that RCBO by the manufacturer.

NOTE An RCBO having a given rated short-circuit capacity I_{cn} has a corresponding service short-circuit capacity (I_{cs}) (see Table 22).

5.2.7 Rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The r.m.s. value of the a.c. component of residual prospective current (3.2.3 and 3.4.3), assigned by the manufacturer, which an RCBO can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.12.13.

5.2.8 RCBO type S

A time-delay RCBO (see 3.3.12) which complies with the relevant part of Table 2 and Table 3 if applicable.

5.2.9 Operating characteristics in case of residual currents with d.c. components

5.2.9.1 RCBO type AC

An RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.2.9.2 RCBO type A

An RCBO for which tripping is ensured for residual sinusoidal alternating currents and residual pulsating direct currents, whether suddenly applied or slowly rising.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)

Preferred values of rated voltage are as follows:

RCBOs	Circuit supplying the RCBOs	Rated voltage of RCBOs for use in systems 230 V or 230/400 V or 400 V V	Rated voltage of RCBOs for use in systems 120/240 V or 240 V V
Single pole (with two current paths)	Single-phase (phase to earthed middle conductor or phase to neutral)	230	120
Two-pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase or phase to earthed middle conductor)	230	120
	Single phase (phase to phase)	400	240
	Single phase (phase to phase, 3-wire)		120/240
	Three phase (4-wire) (230/400 V-system phase to neutral or 230 V-system phase to phase)	230	

Three-pole (with three or four current path)	Three phase (3-wire or 4-wire) (400 V or 230/400 V or 240 V-system)	400	240
Four-pole	Three phase (4-wire) (230/400 V-system)	400	

NOTE 1 In IEC 60038 the network voltage value of 230/400 V has been standardized. This value should progressively supersede the values of 220/380V and 240/415 V.

NOTE 2 Wherever in this standard there is a reference to 230 V or 400 V, they may be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively.

NOTE 3 Wherever in this standard there is a reference to 120 V or 120/240 V or 240 V, they may be read as 100 V or 100/200 V or 200 V, respectively.

NOTE 4 Wherever in this standard there is a reference to 240 V three phases, it may be read as 100 V or 120/208 V.

NOTE In Japan phase to neutral conductor and phase to earthed conductor (grounded conductor) is thought differently because single phase 2-wire system supplied from 2-wire system source do not have neutral point.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

Preferred values of rated current are:

6 – 8 – 10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 A.

5.3.3 Standard values of rated residual operating current ($I_{\Delta n}$)

Standard values of rated residual operating current are:

0,006 – 0,01 – 0,03 – 0,1 – 0,3 – 0,5 A.

NOTE In KR and Japan, the values of 0,015 A, 0,2 A and 1 A are also considered as standard values.

5.3.4 Standard value of residual non-operating current ($I_{\Delta no}$)

The standard value of residual non-operating current is 0,5 $I_{\Delta n}$.

NOTE For residual pulsating direct currents, residual non-operating currents depend on the current delay angle α (see 3.1.4).

5.3.5 Standard values of rated frequency

Preferred values of rated frequency are: 50 Hz, 60 Hz and 50/60 Hz.

5.3.6 Values of rated short-circuit capacity

5.3.6.1 Standard values up to and including 10 000 A

Standard values of rated short-circuit capacities up to and including 10 000 A are given in Table 1.

Table 1 – Standard values of rated short-circuit capacity

1 500 A
3 000 A
4 500 A
6 000 A
10 000 A

NOTE The values of 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A and 9 000 A are also considered as standard in some countries.

The corresponding ranges of power factor are given in 9.12.5.

5.3.6.2 Values above 10 000 A up to and including 25 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A preferred values are 15 000 A and 20 000 A.

The corresponding range of power factor is given in 9.12.5.

5.3.7 Minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

The minimum value of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$) is $10 I_n$ or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are specified in Table 21.

5.3.8 Limiting values of break time and non-actuating time for RCBO of type AC and A**5.3.8.1 Limiting values of break time and non-actuating time for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A**

Table 2 – Limiting values of break time and non-actuating time for alternating residual currents (r.m.s. values) for type AC and A RCBO

			Limiting values of break time and non-actuating time (s) for type AC and A RCBOs in event of alternating residual currents (r.m.s. values) equal to						
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ or $0,25 A^a$	$5 A - 200 A,$ $500 A^b$	$I_{\Delta t}^c$	
General	Any	<0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Maximum break times
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S	≥ 25	>0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Minimum non-actuating times
		>0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

^a Value to be decided by the manufacturer for this test.

^b The tests are only made during the verification of the correct operation as mentioned in 9.9.12 d) but in any case values exceeding the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range are not tested.

^c The test is made with a current $I_{\Delta t}$ equal to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range according to type B, C or D, as applicable. For the tests of 9.9.1.3 and 9.9.1.4 b), the current $I_{\Delta t}$ is established so that the vector sum $I_{\Delta t} + I_n$ is equal to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping range, according to type B, C or D, as applicable.

NOTE In the US, where the tripping times are specifically related to current, the following formulas apply:

$$T = \left(\frac{20}{I} \right)^{1.43}$$

for high-resistance faults and

$$T = 125 \left(\frac{10}{V} \right)^{1.43}$$

for low resistance faults.

5.3.8.2 Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values) for type A

Table 3 – Maximum values of break time for half-wave residual currents (r.m.s. values) for type A RCBO

			Maximum values of break time and non-actuating time (s) for type A RCBOs in the event of half-wave pulsating residual currents (r.m.s. values) equal to							
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5 A	350 A ^a
General	Any	<0,03		0,3		0,15			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		>0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S	≥25	>0,03	0,5		0,2		0,15			0,15
^a This value shall be limited to the lower limit of the overcurrent instantaneous tripping ranges according to type B, C or D, as applicable.										

5.3.9 Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping

Standard ranges of overcurrent instantaneous tripping are given in Table 4.

Table 4 – Ranges of overcurrent instantaneous tripping

Type	Range
B	Above $3 I_n$ up to and including $5 I_n$
C	Above $5 I_n$ up to and including $10 I_n$
D	Above $10 I_n$ up to and including $20 I_n$ ^a
^a For special cases values up to $50 I_n$ may also be used.	

5.3.10 Standard values of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 5 gives the standard values of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 5 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 19.		
NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 28.		
^a The values 3 kV and 5 kV, respectively are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Tables 7 and 28).		
^b For installation practice in Japan.		
^c For installation practice in North American countries.		

6 Marking and other product information

Each RCBO shall be marked in a durable manner with all or, for small apparatus, part of the following data:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation, catalogue number or serial number;
- rated voltage(s);
- rated current without symbol "A", preceded by the symbol of overcurrent instantaneous tripping (B, C or D), for example B 16;
- rated frequency; RCBOs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly;
- rated residual operating current;
- settings of residual operating current for RCBOs with multiple residual operating currents;
- rated short-circuit capacity, in amperes;
- reference calibration temperature, if different from 30 °C;
- the degree of protection (only if different from IP 20);
- the position of use, if necessary;
- rated residual making and breaking capacity, if different from rated short-circuit capacity;
- the symbol  (S in a square) for type S devices;
- indication that the RCBO is functionally dependent on line voltage, if applicable (under consideration);
- operating means of the test device, by the letter T;
- wiring diagram;
- operating characteristic in presence of residual currents with d.c. components
 - RCBOs of type AC with the symbol  (IEC 60417-5032-2002-10)
 - RCBOs of type A with the symbol 
- s) for type D RCBOs: the maximum instantaneous tripping current, if higher than 20 I_n (see Table 4).

The marking shall be on the RCBO itself or on a nameplate or nameplates attached to the RCBO and shall be located so that it is legible when the RCBO is installed.

The suitability for isolation, which is provided by all RCBOs of this standard, may be indicated by the symbol  on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions.

NOTE 1 In Australia, this marking on the circuit-breaker is mandatory but is not required to be visible after installation.

When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), combination with symbols of other functions is not allowed.

If a degree of protection higher than IP20 is marked on the device, it shall comply with it, whichever the method of installation. If the higher degree of protection is obtained only by a specific method of installation and/or with the use of specific accessories (e.g. terminal covers, enclosures, etc.), this shall be specified in the manufacturer's literature.

If, for small devices, the space available does not allow all the above data to be marked, at least the information under d), f), n), p) and r) (only for type A) shall be marked and visible when the device is installed. The information under a), b), c), h), l), r) (only for type AC) and s) may be marked on the side or on the back of the device and be visible only before the device is installed. The information under q) may be on the inside of any cover which has to be removed in order to connect the supply wires. Any remaining information not marked shall be given in the manufacturer's catalogues.

For RCBOs other than those operated by means of push-button, the open position shall be indicated by the symbol "O" and the closed position by the symbol "I" (a short straight line).

Additional national symbols are allowed for this indication. Provisionally, the use of national indications only is allowed. These indications shall be readily visible when the RCBO is installed.

For RCBOs operated by means of two push-buttons, the push-button designed for the opening operation only shall be red and/or be marked with the symbol "O".

RED shall not be used for any other push-button of the RCBO.

If a push-button is used for closing the contacts and is evidently identified as such, its depressed position is sufficient to indicate the closed position.

If a single push-button is used for closing and opening the contacts and is identified as such, the button remaining in its depressed position is sufficient to indicate the closed position. On the other hand, if the button does not remain depressed, an additional means indicating the position of the contacts shall be provided.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by "line" and "load" placed near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

Terminals exclusively intended for the connection of the neutral conductor shall be indicated by the letter N.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol



(IEC 60417-5019-2006-08).

NOTE 2 The symbol  (IEC 60417-5017-2006-08), previously recommended, shall be progressively superseded by the preferred symbol IEC 60417-5019, given above.

Marking shall be indelible, easily legible and not be placed on screws, washers or other removable parts.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3.

For universal terminals (for rigid-solid, rigid-stranded and flexible conductors):

- no marking.

For non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors only shall be marked by the letters "s" or "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors only shall be marked by the letter "r".

The markings should appear on the RCBO or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

RCBOs complying with this standard shall be capable of operating under the standard conditions shown in Table 6.

Table 6 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances (see note 6)
Ambient temperature (see notes 1 and 7)	-5 °C to +40 °C (see note 2)	20 °C	± 5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value at 40°C	50 % (see note 3)		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	(see note 4)
Position	As stated by the manufacturer with a tolerance of 2° in any direction (see note 5)	As stated by the manufacturer	2° in any direction
Frequency	Reference value ± 5 % (see note 6)	Rated value	± 2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
NOTE 1 The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. NOTE 2 Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. NOTE 3 Higher relative humidities are admitted at lower temperatures (for example 90 % at 20 °C). NOTE 4 When an RCBO is installed in proximity to a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. NOTE 5 The device should be fixed in such a way that it does not cause deformation liable to impair its functions. NOTE 6 The tolerance given apply unless otherwise specified in the relevant test. NOTE 7 Extreme limits of –20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation, and should be taken into account in the design of the device.			

7.2 Conditions of installation

RCBOs shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

RCBOs complying with this standard are intended for environment with pollution degree 2, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

8 Requirements for construction and operation

8.1 Mechanical design

8.1.1 General

RCBOs shall be designed and constructed so that, in normal use, their use is safe and without danger to the user or to the environment.

The residual current detection and the residual current release shall be located between the incoming and outgoing terminals of the RCBO.

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the RCBO by means of external interventions other than those specifically intended for changing the setting of the residual operating current.

Changing from one setting to another shall not be possible without a tool. It shall not be possible to disable or inhibit the RCBO function by any means.

NOTE In Australia, Germany, Denmark, Italy, the UK and Switzerland, multiple settings are not allowed.

In case of an RCBO having multiple settings of residual operating current, the rating refers to the highest setting.

8.1.2 Mechanism

The moving contacts of all poles of multipole RCBOs shall be mechanically coupled so that all poles, except the switched neutral, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

The switched neutral pole (see 3.3.15.3) of four-pole RCBOs shall not close after and shall not open before the other poles.

Compliance is checked by inspection and by manual tests, using any appropriate means (example: indicator lights, oscilloscope, etc.).

If a pole having an appropriate short-circuit making and breaking capacity is used as a neutral pole and the RCBO has an independent manual operation (see 3.7.5), then all poles, including the neutral pole, may operate substantially together.

RCBOs shall have a trip-free mechanism.

It shall be possible to switch the RCBO on and off by hand. For plug-in RCBOs without an operating handle, this requirement is not considered to be met by the fact that the RCBO can be removed from its base.

RCBOs shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position (see 3.3.13) or in the open position (see 3.3.14), even when the operating means is released in an intermediate position.

RCBOs shall provide in the open position (see 3.3.14) an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function (see 8.3).

Indication of the position of the main contacts shall be provided by one or both of the following means:

- the position of the actuator (this being preferred); or
- a separate mechanical indicator.

If a separate mechanical indicator is used to indicate the position of the main contacts, this shall show the colour red for the closed position and the colour green for the open position.

NOTE 1 In the US, the colours red and green are not used for contact position indication.

The means of indication of the contact position shall be reliable.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.9.2.2.

RCBOs shall be designed so that the actuator, front plate or cover can only be correctly fitted in a manner which ensures correct indication of the contact position.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.12.12.1 and 9.12.12.2.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the operating means in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position.

NOTE 2 Locking of the operating means in the closed position is permitted for particular applications.

Compliance is checked by inspection, taking into account the instructions of the manufacturer.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up the position corresponding to that of the moving contacts; in this case, the operating means shall have two distinct rest positions corresponding to the position of the contacts but, for automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided, in which case it shall be necessary to reset the RCBO manually before reclosing is possible.

In the case of RCBOs functionally dependent on line voltage reclosing automatically (see 4.1.2.1 a)) when the line voltage is restored after failure of line voltage, the operating means shall remain in the ON position following automatic opening of the contacts; when the line voltage is re-established, the contacts shall reclose automatically unless in the meantime the operating means has been placed in the OFF position.

NOTE 3 For this type of RCBO, the operating means cannot be used as a means for indicating the closed and open positions.

When an indicator light is used, this shall be lit when the RCBO is in the closed position and be of bright colour. The indicator light shall not be the only means to indicate the closed position.

The action of the mechanism shall not be influenced by the position of enclosures or covers and shall be independent of any removable part.

A cover sealed in position by the manufacturer is considered to be a non-removable part.

If the cover is used as a guiding means for push-buttons, it shall not be possible to remove the buttons from the outside of the RCBO.

Operating means shall be securely fixed on their shafts and it shall not be possible to remove them without the aid of a tool.

Operating means directly fixed to covers are allowed. If the operating means has an "up-down" movement, when the RCBO is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

NOTE 4 Provisionally in certain countries top to bottom closing movement is allowed.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the test of 9.11.

8.1.3 Clearances and creepage distances (see also Annex B)

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 7 which is based on the RCBO being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 7 is checked by measurement and by the test of 9.7.7.4.1 and 9.7.7.4.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.1.

The clearances of items 2 and 4 (except accessible surface after installation, see Note 1) may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1 for homogenous field conditions.

NOTE 1 Accessible surface after installation means any surface accessible by the user when the RCD is installed according to the manufacturer's instructions. The test finger can be applied to determine whether a surface is accessible or not.

In this case, after the humidity treatment described in 9.7.1, compliance for item 2 and 4 and arrangements of 9.7.2 items b), c), d) and e) is checked in the following order:

- Tests according to 9.7.2 to 9.7.6 as applicable;
- Test according to 9.7.7.2 is applied with test voltages given in Table 19 with test arrangements of 9.7.2 items b), c), d), e).

If measurement does not show any reduced clearance, test 9.7.7.2 is not applied.

Compliance for item 3 in Table 7 is checked by measurement.

NOTE 2 All measurements required in 8.1.3 are carried out in Test sequence A on one sample and the tests 9.7.7.2 are carried out before 9.7.1 on three samples of Test sequence B.

Parts of PCBs connected to the live parts protected against pollution by the use of a type 2 protection according to IEC 60664-3 are exempt from this verification.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 3 Information on the requirements for design of solid insulation and appropriate testing is provided in IEC 60664-1:2007, 5.3 and 6.1.3.

NOTE 4 For clearances on printed wiring material, the following Note 3 in Table F.2 in 60664-1:2007 can be used: "For printed wiring material, the values for pollution degree 1 apply except that the value should not be less than 0,04 mm, as specified in Table F.4." For creepage distances on printed wiring material, distances in Table F.4 in 60664-1:2007 can be used if protected with a coating meeting IEC 60664-3 requirements and tests.

NOTE 5 The dimensioning of clearances and creepage distances for spacings equal to or less than 2 mm for printed wiring board may be optimised under certain conditions in case of use of IEC 60664-5. Only humidity levels HL 2 and HL3 are considered.

Table 7 – Minimum clearances and creepage distances

	Minimum clearances mm			Minimum creepage distances ^{e, f} mm											
				Group IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Group I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Rated voltage V			Working voltage ^e V											
	<i>U</i> _{imp}														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. Between live parts which are separated when the main contacts are in the open position ^a	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. Between live parts of different polarity ^a	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. Between circuits supplied from different sources, one of which being PELV or SELV ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Rated voltage V											
				120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400	120 / 240	230 / 400				
4. Between live parts and - accessible surfaces of operating means - screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the RCBO - surface on which the RCBO is mounted ^b - screws or other means for fixing the RCBO ^b - metal covers or boxes ^b - other accessible metal parts ^c - metal frames supporting flush-type RCBOs	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0				
NOTE 1 The values given for 400 V are also valid for 440 V.															
NOTE 2 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.															
NOTE 3 Care should be taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of RCBOs, e.g. of the plug-in type mounted close to one another. If the clearance and creepage distances requirements are not fulfilled to all the surfaces adjacent to the RCD, appropriate information will be provided for installation purposes.															

- a For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.
- b The values are doubled if clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the RCBO is mounted are not dependent on the design of the RCBO only, so that they can be reduced when the RCBO is mounted in the most unfavourable condition.
- c Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight unjointed test finger according to 9.6 (see Figure 3).
- d See IEC 60112.
- e Interpolation is allowed in determining creepage distances corresponding to voltage values intermediate to those listed as working voltage. When interpolating, linear interpolation shall be used and values shall be rounded to the same number of digits as the values picked up from the tables. For determination of creepage distances, see Annex B.
- f Creepage distances cannot be less than the associated clearances.
- g To cover all different voltages including ELV in an auxiliary contact.
- h For material group IIb ($100\text{ V} \leq \text{CTI} < 175\text{ V}$) the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.
- i For working voltages up to and including 25 V, reference may be made to IEC 60664-1.

8.1.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.1.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the RCBO during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the RCBO include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of an RCBO.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.4.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.12, 9.13, 9.14 and 9.23.

8.1.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the RCBO during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example by guiding the screw by the part to be fixed, by a recess in the female thread or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.1.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered in respect of the stability of the dimensions.

8.1.4.4 Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;

- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.25).

The requirements of this subclause do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.1.5 Terminals for external conductors

8.1.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

Compliance is checked by inspection, by the tests of 9.5 for screw-type terminals, by specific tests for plug-in or bolt-on RCBOs included in the standard, or by the tests of Annexes J, K or L, as relevant for the type of connection.

8.1.5.2 RCBOs shall be provided with:

- either terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 8;

NOTE Examples of possible designs of screw-type terminals are given in Annex IC.

- or terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors according to Annex L.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting, in turn, one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.

Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^{a)} A		Range of nominal cross-section to be clamped ^{b)} mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded ^{c)}) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	25 to 50	25 to 35

NOTE Information on AWG is given in Annex ID.

a) A range of RCBOs having the same fundamental design and having the same design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

b) It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

c) Rigid stranded conductors shall be used for conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm² and shall be in compliance with class 2 of IEC 60228, related to stranded conductors for single-core.

8.1.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.5.

8.1.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of wire of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.1.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1.

8.1.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.2.

8.1.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1.

8.1.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.3.

8.1.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not work loose.

These requirements do not imply that the terminals shall be so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement shall be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this standard.

The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use,
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this standard.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4.

8.1.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without the use of a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals of which examples are shown in Annex IC provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, may be necessary.

8.1.5.11 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.1.6 Non-interchangeability

For RCBOs intended to be mounted on bases forming a unit therewith (plug-in type or screw-in type) it shall not be possible, without the aid of a tool, to replace an RCBO when mounted and wired as for normal use by another RCBO of the same make having a higher rated current.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The expression "as for normal use" implies that the RCBO is mounted according to the manufacturer's instructions.

8.2 Protection against electric shock

RCBOs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that RCBOs be installed according to the manufacturer's instructions.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the standard test finger (see 9.6).

For RCBOs other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when the RCBOs are mounted and

wired as in normal conditions of use, shall either be of insulating material, or be lined throughout with insulating material, unless the live parts are within an internal enclosure of insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of the RCBOs. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in RCBOs external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible for normal use, shall be of insulating material.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their conductive parts which otherwise would be "exposed conductive parts" shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated operating means of several poles.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. In addition, they shall be insulated from accessible metal parts, from metal frames supporting the base of flush-type RCBOs, from screws or other means for fixing the base to its support and from metal plates used as support.

It shall be possible to replace plug-in RCBOs easily without touching live parts.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6.

8.3 Dielectric properties and isolating capability

RCBOs shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

Control circuits connected to the main circuit shall not be damaged by high d.c. voltage due to insulation measurements which are normally carried out after RCBOs are installed.

Compliance is checked by the tests of 9.7.

8.4 Temperature-rise

8.4.1 Temperature-rise limits

The temperature-rises of the parts of an RCBO specified in Table 9, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 9.

The RCBO shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 9 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections ^c	65
External parts liable to be touched during manual operation of the RCBO, including operating means of insulating material and metallic means for coupling insulated operating means of several poles	40
External metallic parts of operating means	25
Other external parts, including that face of the RCBO in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contact since the design of most RCBOs is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacement of parts likely to affect the reproducibility of the tests. The test of reliability (see 9.22) is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature-rises in service. ^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the RCBO shall not be impaired. ^c For plug-in type RCBOs, the terminals of the base on which they are installed.	

8.4.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 9 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 6.

8.5 Operating characteristics

The operating characteristic of RCBOs, under residual current or overcurrent conditions, shall comply with the requirements of 9.9, if applicable.

8.5.1 Under residual current conditions

The operating characteristic of RCBOs shall comply with the requirements of 9.9.1.

8.5.2 Under overcurrent conditions

RCBOs shall comply with the requirements of 8.5.2.1 and 8.5.2.3.

8.5.2.1 Standard time-(over)current zone

The tripping characteristic of RCBOs shall ensure adequate protection against overcurrents, without premature operation.

The zone of the time-current characteristic (tripping characteristic) of an RCBO is defined by the conditions and the values stated in Table 10.

This table refers to an RCBO mounted in accordance with the reference conditions (see 9.2) operating at the reference calibration temperature of 30 °C, with a tolerance of $^{+5}_{0}$ °C (see the note in Table 10).

Compliance is checked by the tests specified in 9.9.2.

Checking is made at any convenient temperature, the results being referred to 30 °C through the information given by the manufacturer.

Under no circumstances shall the variation of the test current of Table 10 exceed 1,2 % per K of calibration temperature variation.

If the RCBOs are marked for a calibration temperature different from 30 °C, they are tested for that different temperature.

NOTE The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for calibration temperatures differing from the reference value.

Table 10 – Time-current operating characteristics

Test	Type	Test current	Initial condition	Limits of tripping or non-tripping time	Results to be obtained	Remarks
a)	B, C, D	$1,13 I_n$	Cold ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	No tripping	
b)	B, C, D	$1,45 I_n$	Immediately following test ^a	$t < 1 \text{ h}$ (for $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (for $I_n > 63 \text{ A}$)	Tripping	Current steadily increased within 5 s
c)	B, C, D	$2,55 I_n$	Cold ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (for $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (for $I_n > 32 \text{ A}$)	Tripping	
d)	B C D	$3 I_n$ $5 I_n$ $10 I_n$	Cold ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	No tripping	Current established by closing an auxiliary switch
e)	B C D	$5 I_n$ $10 I_n$ $20 I_n$ ^b	Cold ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Tripping	Current established by closing an auxiliary switch
^a The term "cold" means without previous loading, at the reference calibration temperature.						
^b $50 I_n$ for special cases.						

8.5.2.2 Conventional quantities

a) Conventional time

The conventional time is 1 h for RCBOs of rated current up to and including 63 A, and 2 h for RCBOs of rated current above 63 A.

b) Conventional non-tripping overcurrent (I_{nt})

The conventional no-tripping overcurrent of an RCBO is 1,13 times its rated current.

c) Conventional tripping overcurrent (I_t)

The conventional tripping overcurrent of an RCBO is 1,45 times its rated current.

8.5.2.3 Overcurrent tripping characteristic

The overcurrent tripping characteristic of RCBOs shall be contained within the zone defined in 8.5.2.1.

NOTE Conditions of temperature and mounting different from those specified in 9.2 (e.g. mounting in a special enclosure, grouping of several RCBOs in the same enclosure, etc.) may affect the tripping characteristic of RCBOs.

The manufacturer shall be prepared to give information on the variation of the tripping characteristic for ambient temperatures differing from the reference value, within the limits of 7.1.

8.5.2.4 Effect of the ambient air temperature on the overcurrent tripping characteristic

Ambient temperatures other than the reference temperature, within the limits of –5 °C and +40 °C, shall not unacceptably affect the overcurrent tripping characteristic of RCBOs.

Compliance is checked by the tests of 9.9.2.3.

8.6 Mechanical and electrical endurance

RCBOs shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

Compliance is checked by the test of 9.10.

8.7 Performance at short-circuit currents

RCBOs shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations during which they shall neither endanger the operator nor initiate a flashover between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.12.

8.8 Resistance to mechanical shock and impact

RCBOs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.13.

8.9 Resistance to heat

RCBOs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.14.

8.10 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of RCBOs made of insulating material shall not be liable to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity, under fault or overload conditions, attain a high temperature. The resistance to abnormal heat and to fire of the other parts made of insulating material is considered as checked by the other tests of this standard.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.15.

8.11 Test device

RCBOs shall be provided with a test device to simulate the passing through the detecting device of a residual current in order to allow a periodic testing of the ability of the residual current device to operate.

NOTE The test device is intended to check the tripping function, not the value at which this function is effective with respect to the rated residual operating current and the break times.

The ampere-turns produced when operating the test device of an RCBO supplied at rated voltage or at the highest value of the voltage range, if applicable, shall not exceed 2,5 times the ampere-turns produced, when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is passed through one of the poles of the RCBO.

In the case of RCBOs having several settings of residual operating current (see 4.4) the lowest setting for which the RCBOs have been designed shall be used.

The test device shall comply with the test of 9.16.

The protective conductor of the installation shall not become live when the test device is operated.

It shall not be possible to energize the circuit on the load side by operating the test device when the RCBO is in the open position and connected as in normal use.

The test device shall not be the sole means of performing the opening operation and is not intended to be used for this function.

8.12 Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage

RCBOs functionally dependent on line voltage shall operate correctly at any value of the line voltage between 0,85 and 1,1 times their rated voltage, for which purpose multipole RCBOs shall have all their current paths supplied from the phases and neutral, if any.

Compliance is checked by the test of 9.17 under the supplementary test conditions specified in 9.9.1.2.

According to their classification, RCBOs shall comply with the requirements given in Table 11.

Table 11 – Requirements for RCBOs functionally dependent on line voltage

Classification of the device according to 4.1		Behaviour in case of failure of the line voltage
RCBOs opening automatically in case of failure of the line voltage (4.1.2.1)	Without delay	Opening without delay, according to the conditions stated in 9.17.2 a)
	With delay	Opening with delay, according to 9.17.2 b). Correct operation during the delay shall be verified according to 9.17.3
RCBOs which do not open automatically in case of failure of the line voltage (4.1.2.2)		No opening

8.13 Void

8.14 Behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages

RCBOs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitance of the installation and the current surges to earth due to flashover in the installation. S type RCBOs shall additionally show adequate resistance against unwanted tripping in case of current surges to earth due to flashover in the installation.

Compliance is checked by the tests of 9.19.

8.15 Behaviour of RCBOs in case of earth fault currents comprising a d.c. component

RCBOs shall adequately perform in presence of earth fault currents comprising a d.c. component in accordance with their classification.

Compliance is checked by the tests of 9.9.3.

8.16 Reliability

RCBOs shall operate reliably even after long service, taking into account the aging of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.22 and 9.23.

8.17 Electromagnetic compatibility (EMC)

RCBOs shall operate reliably, even in presence of electromagnetic disturbances, and shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.24.

9 Tests

9.1 General

9.1.1 The characteristics of RCBOs are checked by means of type tests.

Type tests required by this standard are listed in Table 12.

Table 12 – List of type tests

Test	Subclause
– Indelibility of marking	9.3
– Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4
– Reliability of terminals for external conductors	9.5
– Protection against electric shock	9.6
– Dielectric properties	9.7
– Temperature-rise	9.8
– Operating characteristic	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10
– Trip-free mechanism	9.11
– Short-circuit ^a	9.12
– Resistance to mechanical shock and impact	9.13
– Resistance to heat	9.14
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.15
– Operation of the test device at the limits of rated voltage	9.16
– Behaviour of RCBOs in case of failure of the line voltage for RCBOs classified according to 4.1.2.1.	9.17
– Resistance against unwanted tripping due to current surges	9.19
– Reliability	9.22
– Ageing of electronic components	9.23
– Electromagnetic compatibility (EMC)	9.24
– Resistance to rusting	9.25
^a This comprises several tests.	

9.1.2 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences.

NOTE The term "certification" denotes:

- either manufacturer's declaration of conformity;
- or third-party certification, for example by an independent certification body.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each type test (or sequence of type tests) is made on RCBOs in a clean and new condition, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 6).

9.1.3 Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device are given in Annex D.

9.2 Test conditions

The RCBO is mounted individually according to manufacturer's instructions and in free air, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

RCBOs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

Unless otherwise specified, the RCBO is wired with the appropriate cable of cross-section S specified in Table 13 and is fixed on a dull black painted plywood board not less than 20 mm thickness, the method of fixing being in compliance with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 13 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 For AWG copper conductors, see Annex ID.

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this standard. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency ± 5 %.

During the tests, no maintenance or dismantling of the samples is allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.10, 9.22.2 and 9.23, the RCBO is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is
 - 1 m for cross-sections up to and including 10 mm²,
 - 2 m for cross-sections larger than 10 mm².

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 14.

For RCBOs with dependent manual operation, an operating speed of 0,1 m/s ± 25 % shall be used during actuation for the tests of 9.10 and 9.12. The speed is measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the RCBO under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the RCBO under test.

NOTE 3 In Japan, on request of the manufacturer, a different operating speed can be used for tests in 9.10 and 9.12

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane (with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³).

Marking made by impressing, moulding or engraving is not subjected to this test.

After this test, the marking shall be easily legible. The marking shall also remain easily legible after all the tests of this standard.

It shall not be easily possible to remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.1.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the RCBO, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 times in all other cases.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and re-inserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 14.

The screws and nuts shall be tightened in one smooth and continuous motion

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 14 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

Column I applies to screws without head if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.

Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.

Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver.

Where a screw has a hexagonal head with a slot for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is made twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III and then, on another sample, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver. If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is made.

During the test, the screwed connections shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the RCBO.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of screw-type terminals for external copper conductors

Compliance with the requirements of 8.1.5 is checked by inspection, by the test of 9.4, for which a rigid copper conductor having the largest cross-section specified in Table 8 is placed in the terminal (for nominal cross-sections exceeding 6 mm², a rigid stranded conductor is used; for other nominal cross-sections, a solid conductor is used), and by the tests of 9.5.1, 9.5.2 and 9.5.3.

These last tests are made using a suitable test screwdriver or spanner, and applying the torque specified in Table 14.

9.5.1 The terminals are fitted with copper conductors *of the* same type (solid, stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and flexible, unless otherwise specified by the manufacturer.

Terminals shall be tested with the minimum and maximum cross-section of each type of conductors on new terminals as follows:

- Tests for solid conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm², as applicable.
- Tests for stranded conductors shall use conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 50 mm², as applicable.
- Tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 35 mm², as applicable.

NOTE Information on AWG is given in Annex ID.

The conductor is inserted into a new terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to assist the wire to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 15, according to the relevant cross-section of the tested conductor.

The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the conductor space.

When it is necessary, the tested values, for the different cross-sections with the relevant pulling force, shall be clearly indicated in the test report.

Table 15 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted in the terminal mm ²	1 up to and including 4	Above 4 up to and including 6	Above 6 up to and including 10	Above 10 up to and including 16	Above 16 up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage or severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, terminals shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the terminal.

9.5.3 The terminals are fitted with the largest cross-section area specified in Table 8, for stranded and/or flexible copper conductor.

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 14.

After the test no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of RCBOs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 3 on the RCBO mounted as for normal use (see note of 8.2) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the RCBO.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The standard test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V. The standard test finger shall not touch live parts.

RCBOs with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, the RCBO being at this temperature.

RCBOs are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the RCBO, but is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed RCBOs having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel, and mounted as for normal use.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 Resistance to humidity

9.7.1.1 Preparation of the RCBO for test

Parts of the RCBO which can be removed without the aid of a tool, are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.1.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity maintained between 91 % and 95 %.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within $\pm 1\text{ °C}$ of any convenient value T between 20 °C and 30 °C .

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between $T\text{ °C}$ and $T + 4\text{ °C}$.

9.7.1.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE 1 A relative humidity between 91 % and 95 % may be obtained by placing in the humidity cabinet a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water having a sufficiently large surface in contact with the air.

NOTE 2 In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended to ensure a constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.1.4 Condition of the RCBO after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this standard and shall withstand the tests of 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.6 and 9.7.7.2 (if applicable).

9.7.2 Insulation resistance of the main circuit

The RCBO having been treated as specified in 9.7.1 is then removed from the cabinet.

After an interval of between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after the application of a d.c. voltage of approximately 500 V, in the following order:

- a) with the RCBO in the open position, between each pair of the terminals which are electrically connected together when the RCBO is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the RCBO in the closed position, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- c) with the RCBO in the closed position, between all poles connected together and the frame, including a metal foil or part in contact with the outer surface of the housing of insulating material but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- d) between metal parts of the mechanism and the frame;
NOTE Access to the metal part of the mechanism may be specifically provided for this measurement.
- e) for RCBOs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

The measurements a), b) and c) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;
- the surface on which the base of the RCBO is mounted, covered, if necessary, with metal foil;
- screws and other devices for fixing the base to its support;
- screws for fixing covers which have to be removed when mounting the RCBO;
- metal parts of operating means referred to in 8.2.

If the RCBO is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

For the measurements according to b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.3 Dielectric strength of the main circuit

After the RCBO has passed the tests of 9.7.2, the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.2 with electronic components, if any, being disconnected for the test.

The test voltage shall have a practically sinusoidal wave-form, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short-circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the transformer shall operate when the current in the output circuit is lower than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- 2 000 V for a) to d) of 9.7.2;
- 2 500 V for e) of 9.7.2.

Initially, not more than half the prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.4 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

- a) The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- b) The measurements of the insulation resistance are carried out:
- between the auxiliary circuits connected to each other and to the frame;
 - between each of the parts of the auxiliary circuits which might be isolated from the other parts in normal service and the whole of the other parts connected together, at a voltage of approximately 500 V d.c., after this voltage has been applied for 1 min.

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

- c) A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).

The voltage values to be applied are specified in Table 17.

Table 17 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (a.c. or d.c.) V		Test voltage V
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test, the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of RCBOs in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests shall be made on samples specially prepared by the manufacturer or according to his instructions.

NOTE 3 Auxiliary circuits do not include the control circuit of RCBOs functionally dependent on line voltage.

NOTE 4 Control circuits other than those of secondary circuit of detection transformers and control circuits connected to the main circuit are submitted to the same tests as the auxiliary circuits.

9.7.5 Secondary circuit of detection transformers

The circuit which includes the secondary circuit of the detection transformer is not submitted to any insulation test, provided that the circuit has no connection with accessible metal parts, with a protective conductor, or with live parts.

9.7.6 Capability of control circuits connected to the main circuit withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements

The test is carried out on the RCBO fixed on a metal support, in the closed position, with all control circuits connected as in service.

A d.c. voltage source is used with the following characteristics:

- open voltage: $600 \text{ V }^{+25}_{-0} \text{ V}$

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple : 5 %

where

$$\text{ripple (\%)} = \frac{\text{max. value} - \text{mean value}}{\text{mean value}} \times 100$$

- short-circuit current: $12 \text{ mA }^{+2}_{-0} \text{ mA}$

This test voltage is applied for 1 min in turn between each pole and the other poles connected together to the frame.

After this treatment, the RCBO shall be capable of performing satisfactorily the tests specified in 9.9.1.2 c).

9.7.7 Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts

9.7.7.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of $1,2 \mu\text{s}$, and a time to half-value of $50 \mu\text{s}$, the tolerances being as follows:

- $\pm 5 \%$ for the peak value;
- $\pm 30 \%$ for the front time;
- $\pm 20 \%$ for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses being at least 1 s for impulses of the same polarity and being at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on complete RCBO, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500 Ω .

NOTE 1 In 9.7.7.2, for the verification of clearances within the basic insulation, on complete RCBO, a very low impedance of the generator is needed for the test. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of 2 Ω is appropriate if internal components are not disconnected before testing. However, in any case, a measurement of the correct test voltage directly at the clearance is needed.

The shape of the impulses is adjusted with the RCBO under test connected to the impulse generator. For this purpose appropriate voltage dividers and voltage sensors shall be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

NOTE 2 For RCBOs with incorporated surge arresters that cannot be disconnected, the shape of the impulses is adjusted without connection of the RCBO to the impulse generator.

Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

NOTE 3 It is recommended that an oscilloscope be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.7.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of items 2 and 4 in Table 7 and arrangements given in 9.7.2 b), c) d) and e) shows a reduction of the required length, this test applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.7.4.

NOTE The measurement of the clearances can be replaced by this test.

The test is carried out on a RCBO fixed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 19 in accordance with the rated impulse voltage of the RCBO as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 19.

A first series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together,
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s), connected together,
- and the neutral pole (or path) of the RCBO, as applicable.

A third series of tests is made applying the impulse voltage between arrangements given in 9.7.2 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Table 19 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Verification of leakage currents across open contacts (suitability for isolation)

Each pole of a RCBO having been submitted to one of the applicable tests of 9.12.11.2.1, 9.12.11.2.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 b), 9.12.11.4 c) is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage, the RCBO being in the open position.

The leakage current flowing across the open contacts is measured and shall not exceed 2 mA.

9.7.7.4 Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions

9.7.7.4.1 General

These tests are not preceded by the humidity treatment described in 9.7.1.

NOTE The tests in 9.7.7.4, as stated in requirements of 8.1.3, will be carried out before 9.7.1 on three samples of Test sequence B.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 28, in accordance with the rated voltage of the installation for which the RCBO is intended to be used as given in Table 5. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 28.

Table 28 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the RCBO and the altitude where the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 a)	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Single phase system 120/240 240 b)	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Three-phase systems 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

a) For installation practice in Japan.
b) For installation practice in North American countries.

9.7.7.4.2 RCBO in opened position

The series of tests is carried out on a RCBO fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

- the line terminals connected together;

- and the load terminals connected together with the contacts in the open position.

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.7.7.4.3 RCBO in closed position

The series of tests is carried out on a RCBO fixed on a metal support, wired as in normal use and being in closed position.

All components bridging the basic insulation have to be disconnected.

NOTE If necessary, separate samples can be prepared by the manufacturer.

A first series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and, the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the RCBO.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Afterwards, a new sample is tested according to 9.7.7.5.

9.7.7.5 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

A new RCBO sample is tested in order to check that components bridging the basic insulation would not reduce safety with respect to short term temporary overvoltages.

NOTE 1 Afterwards it is necessary to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, would not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the equipment during normal use.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. In accordance with IEC 60364-4-44:2007, Table 44.A2, and to IEC 60664-1, the r.m.s. value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_0$, U_0 being the nominal voltage value between line and neutral.

NOTE 2 This test is performed only on RCBOs, where components bridging the basic insulation have been disconnected during the impulse voltage test of 9.7.7.4.3.

NOTE 3 As an example, for an RCBO having a rated voltage of $U_0 = 250\text{ V}$, the value of the a.c. test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the r.m.s. test voltage is $1\,450\text{ V}$.

The voltage is applied during 5 s between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

The equipment is then visually inspected; no component bridging the basic insulation should show a visible alteration.

NOTE 4 It is accepted to replace a fuse before connecting the equipment to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is accepted to replace the surge arrester too.

Then, the equipment is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instruction. Under the condition of 9.9.1.2 c) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole, taken at random, without measurement of break time.

This test is not applied to devices with solid neutral.

9.8 Test of temperature-rise

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically distributed around the RCBO at about half its height and at a distance of about 1 m from the RCBO.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

NOTE Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n is passed simultaneously through all the poles of the RCBO for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K per hour.

For four-pole RCBOs the test is first made by passing the specified current through the three-phase poles only.

The test is then repeated by passing the current through the pole intended for the connection of the neutral and the pole adjacent to the neutral.

During these tests the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 9.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 9 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature-rise of a part

The temperature rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.9 Verification of the operating characteristic

9.9.1 Verification of the operating characteristics under residual current conditions

9.9.1.1 Test circuit and test procedure

The RCBO is installed as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance. For tests according to 9.9.1.2, the test circuit shall correspond to Figure 4. For tests according to 9.9.1.3, the test circuit shall correspond to Figure 5 or Figure 6, as applicable.

The instruments for the measurement of the residual current shall display (or allow to determine) the true r.m.s. value.

NOTE The information for instrument measurement is available at the following CTL webserver:

http://www.iecee.org/ctl/sheet/pdf/CTL%20DSH%20251B%20Beijing%202009_05_15.pdf

Unless otherwise specified, the tests are performed with no load at the reference temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

The RCBO shall perform the tests of 9.9.1.2, 9.9.1.3 and 9.9.1.4, as applicable. Each test is made on one pole only, taken at random, with five measurements, unless otherwise specified.

For RCBOs having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at the lowest and highest frequency, except for test in 9.9.1.2 e), where verification is performed at only one frequency.

For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests shall be made for each setting.

9.9.1.2 Tests for all RCBOs

The test conditions according to 9.9.1.1 apply to all RCBOs.

a) Verification of correct operation in case of a steady increase of the residual current

The test switches S_1 and S_2 and the RCBO being in the closed position, the residual current is steadily increased, starting from a value not higher than $0,2 I_{\Delta n}$, trying to attain the value of $I_{\Delta n}$ within 30 s, the tripping current being measured each time.

All five measured values shall be situated between $I_{\Delta n0}$ and $I_{\Delta n}$.

b) Verification of correct operation on closing on a residual current

The test circuit being calibrated at the value of the rated residual operating current $I_{\Delta n}$ and the test switches S_1 and S_2 being closed, the RCBO is closed so as to simulate service conditions as closely as possible. The break time is measured five times. No measurement shall exceed the limiting value specified for $I_{\Delta n}$ in Table 2, according to the type of RCBO.

c) Verification of correct operation in case of sudden appearance of residual current

1) All types

The test circuit being successively calibrated at each of the values of residual current specified in Table 2, the test switch S_2 and the RCBO being in the closed position, the test voltage is suddenly established by closing the test switch S_1 .

The RCBO shall trip during each test.

Five measurements of the break time are made at each value of residual current.

No value shall exceed the relevant specified limiting value given in Table 2.

2) Additional test for type S

The test circuit being successively calibrated at each of the values of residual current specified in Table 2, the test switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S_2 for periods corresponding to the relevant minimum non-actuating times, with a tolerance of $0 \pm 5\%$.

Each application of residual current shall be separated from the previous one by an interval of at least 1 min.

The RCBO shall not trip during any of the tests.

d) Verification of correct operation in case of sudden appearance of residual currents between $5 I_{\Delta n}$ and 500 A

The test circuit is calibrated at any two values of the residual current chosen at random within the range 5 A to 200 A, among the following list 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

NOTE In Australia the measurement of the break time is made at 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

The test switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the test switch S_2 .

The RCBO shall trip during each test. The break time shall not exceed the times given in Table 2.

The test is made once for each value of residual current on one pole only, taken at random.

e) Verification of correct operation with load

The tests of 9.9.1.2 b) and 9.9.1.2 c) are repeated, the pole under test and one other pole of the RCCB being loaded with rated current, this current being established shortly before the test.

For the test of 9.9.1.2 c), the switch S_1 and the RCBO are in closed position. The residual current is established by closing S_2 .

f) Tests at the temperature limits

The RCBO shall perform the tests specified in 9.9.1.2 c) under the following conditions, successively:

- 1) ambient temperature: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, off-load;
- 2) ambient temperature: $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, the RCBO having been previously loaded with the rated current, at any convenient voltage, until it attains thermal steady-state conditions.

In practice these conditions are reached when the variation of temperature-rise does not exceed 1 K per hour.

For the tripping tests in 2), the flow of rated current may be interrupted, provided that the total interruption period does not exceed 30 s. As soon as the sum of interruption periods exceed 30 s, the RCBO shall be loaded again with rated current for 5 min before next tripping time measurement.

NOTE Preheating may be carried out at any convenient voltage at either 50 Hz or 60 Hz but auxiliary circuits shall be connected to their normal operating voltage (particularly for components depending on line voltage).

9.9.1.3 Verification of correct operation at residual currents with d.c. components

This subclause applies to type A RCBOs, under test conditions of 9.9.1.1.

a) Verification of correct operation in case of a continuous rise of residual pulsating direct current

The test shall be performed according to Figure 5.

The auxiliary switches S_1 and S_2 and the RCBO shall be closed. The relevant thyristor shall be controlled in such a manner that current delay angles α of 0° , 90° and 135° are

obtained. Each pole of the RCBO shall be tested twice at each of the current delay angles, in position I as well as in position II of the auxiliary switch S_3 .

For each test, the current shall be steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A, and at an approximate rate of $2 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, starting from zero. The tripping current shall be in accordance with Table 26.

- b) Verification of correct operation in case of suddenly appearing residual pulsating direct currents

The RCBO shall be tested according to Figure 5.

The circuit being successively calibrated at the values specified hereafter and the auxiliary switch S_1 and the RCBO being in the closed position, the residual current is suddenly established by closing the switch S_2 .

The test is carried out at each value of residual current specified in Table 3, according to the type of RCBO.

Two measurements of the break time are made at each value of residual current, at a current delay angle $\alpha = 0^\circ$ with the auxiliary switch S_3 in position I for the first measurement and in position II for the second measurement.

No value shall exceed the specified limiting values.

- c) Verification of correct operation with load

The tests of 9.9.1.3 a) are repeated, the pole under test and one other pole of the RCBO being loaded with the rated current, this current being established shortly before the test.

NOTE The loading with rated current is not shown in Figure 5.

- d) Verification of correct operation in case of residual pulsating direct currents superimposed by a smooth direct current of 0,006 A

The RCBO shall be tested according to Figure 6 with a half-wave rectified residual current (current delay angle $\alpha = 0^\circ$) superimposed by a smooth direct current of 0,006 A.

Each pole of the RCBO is tested in turn, twice at each of positions I and II.

The half-wave current I_1 , starting from zero, being steadily increased at an approximate rate of $1,4 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} > 0,01$ A and $2 I_{\Delta n} / 30$ amperes per second for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, the device shall trip before this half-wave current I_1 reaches a value not exceeding $1,4 I_{\Delta n}$ or $2 I_{\Delta n}$ respectively.

9.9.1.4 Particular test conditions for RCBOs functionally dependent on line voltage

For RCBOs functionally dependent on line voltage, each test is made at each of the following values of the line voltage, applied to the relevant terminals: 1,1 and 0,85 times the rated line voltage.

9.9.2 Verification of the operating characteristic under overcurrent conditions

This test is made to verify that the RCBO complies with the requirements of 8.5.2.

9.9.2.1 Test of time-(over)current characteristic

- a) A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed for the conventional time (see 8.5.2.1 and 8.5.2.2 a)) through all poles, starting from cold (see Table 10).

The RCBO shall not trip.

The current is then steadily increased within 5 s to $1,45 I_n$ (conventional tripping current).

The RCBO shall trip within the conventional time.

- b) A current equal to $2,55 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 1 s nor more than

– 60 s for rated currents up to and including 32 A,

- 120 s for rated currents greater than 32 A.

9.9.2.2 Test of instantaneous tripping

a) General test conditions

For the lower values of the test current of 9.9.2.2 b), 9.9.2.2 c) and 9.9.2.2 d) respectively the test is made once, at any convenient voltage.

For the upper value of the test current, the two following tests are carried out:

- At any convenient voltage, one opening operation on each combination of two poles connected in series is performed. The tripping time is measured and shall be within the limits of Table 10.
- At rated voltage U_0 (phase to neutral) with a power factor between 0,95 and 1 separately on each protected pole of the RCBO, the following sequence of operation is performed:

O-t-CO-t-CO-t-CO

the interval, t, being as defined in 9.12.11.1. The tripping time of the O operation is measured. After each operation the indicating means shall show the open position of the contacts.

b) For B type RCBOs

A current equal to $3 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $5 I_n$ is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

c) For C type RCBOs

A current equal to $5 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $10 I_n$ is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

d) For D type RCBOs

A current equal to $10 I_n$ is passed through all poles, starting from cold.

The opening time shall be not less than 0,1 s.

A current equal to $20 I_n$ or to the maximum instantaneous tripping current (see Clause 6, item t) is then passed through all poles, again starting from cold.

The RCBO shall trip in a time less than 0,1 s.

9.9.2.3 Test of effect of ambient temperature on the tripping characteristic

Compliance is checked by the following tests.

a) The RCBO is placed in an ambient temperature of (35 ± 2) K below the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.

A current equal to $1,13 I_n$ (conventional non-tripping current) is passed through all poles for the conventional time. The current is then steadily increased within 5 s to $1,9 I_n$.

The RCBO shall trip within the conventional time.

b) The RCBO is placed in an ambient temperature of (10 ± 2) K above the ambient air reference temperature until it has attained steady-state temperature.

A current equal to I_n is passed through all poles.

The RCBO shall not trip within the conventional time.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 General test conditions

The RCBO is fixed to a metal support.

The test is made at rated operational voltage, at a current adjusted to the rated current by means of resistors and reactors in series, connected to the load terminals.

If air-core reactors are used, a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactors is connected in parallel with each reactor.

If iron-core reactors are used, the iron power losses of these reactors shall not appreciably influence the recovery voltage.

The current shall have a substantially sinusoidal waveform and the power factor shall be between 0,85 and 0,9.

The RCBO is connected to the circuit with conductors of the sizes indicated in Table 13.

9.10.2 Test procedure

RCBOs are subjected to 2 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The RCBO shall be operated as for normal use.

The opening operations shall be effected as follows:

For RCBOs having $I_{\Delta n} > 0,010$ A

- for the first 1 000 operating cycles by using the manual operating means;
- for the following 500 operating cycles by using the test device;
- for the last 500 operating cycles by passing through one pole a residual operating current of value $I_{\Delta n}$.

For RCBOs having $I_{\Delta n} \leq 0,010$ A

- for the first 500 operating cycles by using the manual operating means;
- for the following 750 operating cycles by using the test device;
- for the last 750 operating cycles by passing through one pole a residual operating current of value $I_{\Delta n}$.

In addition the RCBO is further subjected without load, using the manual operating means, to

- 2 000 operating cycles for RCBOs having $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 operating cycles for RCBOs having $I_n > 25$ A.

The operating frequency shall be:

- four operating cycles per minute for RCBOs of $I_n \leq 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s;
- two operating cycles per minute for RCBOs of $I_n > 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

NOTE For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at the lowest setting.

9.10.3 Condition of the RCBO after test

Following the test of 9.10.2 the RCBO shall not show

- undue wear,
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard test finger,
- loosening of electrical or mechanical connections,
- seepage of the sealing compound, if any.

Under the test condition of 9.9.1.2 c) 1) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made without measurement of break time.

The RCBO shall then perform satisfactorily the dielectric strength test in 9.7.3 for 1 min but at a voltage of 900 V without previous humidity treatment.

In addition the RCBO shall perform satisfactorily the test of 9.9.2.1 b).

9.11 Verification of the trip-free mechanism

9.11.1 General test conditions

The RCBO is mounted and wired as in normal use.

It is tested in a substantially non-inductive circuit, the diagram of which is shown in Figure 4.

9.11.2 Test procedure

A residual current equal to $1,5 I_{\Delta n}$ is passed by closing the switch S_2 , the RCBO having been closed and the operating means being held in the closed position: the RCBO shall trip.

This test is then repeated by moving the operating means of the RCBO slowly over a period of approximately 1 s to a position where the current starts to flow. Tripping shall occur without further movement of the operating means.

Both tests are carried out three times, at least once on each pole intended to be connected to a phase.

NOTE 1 If the RCBO is fitted with more than one operating means, the trip-free operation is verified for all operating means.

NOTE 2 For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at each setting.

9.12 Short-circuit tests

9.12.1 General conditions for test

The conditions of 9.12.1 to 9.12.12 are applicable to any test intended to verify the behaviour of the RCBOs under short-circuit conditions. However, for the test at rated residual making and breaking capacity, additional requirements are stated in 9.12.13.

NOTE For RCBOs having multiple settings of residual operating current, the tests are made at the lowest setting.

Standard tests for the verification of the short-circuit performance consist of sequences of making and breaking operations, appropriate to the performance to be verified; these are summarized in Table 20.

All RCBOs are tested:

- at 500 A or $10 I_n$, whichever is the higher, according to 9.12.11.2 and 9.12.12.1;
- at 1 500 A, according to 9.12.11.3 and 9.12.12.1;

- at rated residual making and breaking capacity (see 5.2.7) according to 9.12.13.1 and 9.12.13.2.

RCBOs having rated short-circuit capacity above 1 500 A are additionally tested:

- at service short-circuit breaking capacity (see 3.4.6.2) according to 9.12.11.4 b) and 9.12.12.1; the service short-circuit capacity is obtained by multiplying the rated short-circuit capacity by a factor, k , the values of which are given in Table 22;
- at rated short-circuit capacity (see 5.2.6) according to 9.12.11.4 c) and to 9.12.12.2, if the factor k is less than 1, in which case new samples shall be used.

Table 20 – List of short-circuit tests

Test type	RCBOs to be tested	Verification according to subclause
Test at reduced short-circuit currents (9.12.11.2)	All RCBOs	9.12.12.1
Test at 1 500 A (9.12.11.3)		
Test at rated residual making and breaking capacity (9.12.13.1)		9.12.13.2
Test at service short-circuit capacity (9.12.11.4 b))	RCBOs having $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Test at rated short-circuit capacity (9.12.11.4 c))		9.12.12.2

9.12.2 Test circuit for short-circuit performance

Figures 7, 8 and 9 give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning

- a single-pole RCBO with two current paths;
- a two-pole RCBO (with one or two overcurrent protected poles);
- a three-pole RCBO;
- a three-pole RCBO with four current paths;
- a four-pole RCBO.

The resistances and reactances of the impedances Z , Z_1 and Z_2 shall be adjustable to satisfy the specified test conditions. The reactors shall preferably be air-cored, they shall always be connected in series with the resistors and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is permitted when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor, r , taking approximately 0,6 % of the current through the reactor (see Figure 9). This resistor may be omitted if agreed by the manufacturer.

If iron-core reactors are used, the iron-core power losses of these reactors shall not exceed the losses that would be absorbed by the resistors connected in parallel with the air-cored reactors.

In each test circuit for testing the rated short-circuit capacity, the impedances Z are inserted between the supply source S and the circuit-breaker under test.

When tests are made with current less than the rated short-circuit capacity, the additional impedances Z_1 shall be inserted on the load side of the circuit-breaker.

For the tests at both the rated and the service short-circuit capacity, and at the rated residual short-circuit making and breaking capacity, the RCBO shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 8.

NOTE It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the RCBO under test.

The switch S_1 remains open during all the short-circuit tests, except for the tests according to 9.12.13.

A resistor R_2 of about $0,5 \Omega$ is connected in series with a copper wire, F, as shown in Figures 7 and 8.

The copper wire, F, shall be at least 50 mm in length and

- 0,1 mm in diameter for RCBOs to be tested in free air, mounted on a metal support,
- 0,3 mm in diameter for RCBOs to be tested in the smallest individual enclosure specified by the manufacturer.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report. All the conductive parts of the RCBO normally earthed in service, including the metal support on which the RCBO is mounted or any metal enclosure shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral.

Resistors R_1 drawing a current of 10 A per phase are connected on the supply side of the RCBO between the impedances for adjusting the prospective current to the rated short-circuit capacity and the RCBO.

The voltage sensors are connected

- across the terminals of the pole for single-pole RCBOs;
- across the supply terminals for multipole RCBOs.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least 100Ω per volt of the power-frequency recovery voltage.

RCBOs functionally dependent on line voltage are supplied on the line side with the rated voltage or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report.

9.12.3 Values of test quantities

All the tests concerning the verification of the rated short-circuit capacity shall be performed with the values stated by the manufacturer in accordance with the relevant tables of this standard.

The value of the applied voltage is that which is necessary to produce the specified power frequency recovery voltage.

The value of the power-frequency recovery voltage shall be equal to a value corresponding to 105 % of the rated voltage of the RCBO under test.

NOTE The value of 105 % (± 5 %) of the rated voltage is deemed to cover the effect of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit value may be increased with the approval of the manufacturer.

9.12.4 Tolerances on test quantities

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- Current: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$
- Frequency: $\pm 5 \%$
- Power factor: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$
- Voltage: (including recovery voltage): $\pm 5 \%$

9.12.5 Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report. Two examples are given in Annex IA.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factors of each phase.

The power factor ranges are given in Table 21.

Table 21 – Power factor ranges of the test circuit

Test current I_{cc} A	Corresponding power factor range
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

9.12.6 Measurement and verification of I^2t and of the peak current (I_p)

The I^2t and I_p values shall be measured during the tests according to 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4.

In the case of tests of RCBOs in three-phase circuits, the I^2t values shall be measured on each pole.

The maximum I^2t values measured shall be recorded in the test report and shall not exceed the corresponding values of the I^2t characteristic.

9.12.7 Calibration of the test circuit

9.12.7.1 To calibrate the test circuit, links G_1 and G_2 having negligible impedance compared with that of the test circuit are connected in the positions shown in Figures 7 and 8.

9.12.7.2 To obtain a prospective current equal to the rated short-circuit capacity of the RCBO at the corresponding power factor as stated in Table 21, impedances Z are inserted on the supply side of the links G_1 .

9.12.7.3 To obtain a test current lower than the rated short-circuit capacity of the RCBO, additional impedances Z_1 are inserted on the load side of the links G_2 , as shown in Figures 7 and 8.

9.12.7.4 To obtain a prospective current equal to the rated residual making and breaking capacity, at the corresponding power factor as Table 21, an impedance Z_2 is inserted as shown in Figure 7.

9.12.8 Interpretation of records

a) Determination of the applied and power-frequency recovery voltages

The applied and power-frequency recovery voltages are determined from the record corresponding to the break test made with the RCBO under test. The applied voltage is evaluated as indicated in Figure 13.

The voltage on the supply side shall be measured during the first cycle after arc extinction in all poles and after high frequency phenomena have subsided.

b) Determination of the prospective short-circuit current

The a.c. component of the prospective current is taken as being equal to the r.m.s. value of the a.c. component of the calibration current (value corresponding to A_2 of Figure 13).

Where applicable, the prospective short-circuit current shall be the average of the prospective currents in all the phases.

9.12.9 Condition of the RCBO for test

RCBOS shall be tested in free air according to 9.12.9.1, unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to 9.12.9.2 or, with the agreement of the manufacturer, according to 9.12.9.1.

NOTE An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The RCBO shall be operated, simulating as closely as possible the normal operation.

RCBOs of the plug-in type which are normally mounted on an insulating support, are tested in this condition, the insulating support being fixed on a metal support.

9.12.9.1 Test in free air

The RCBO under test is mounted as shown in Figure C.1.

The polyethylene sheet and the barrier of insulating material specified in Annex C are placed as shown in Figure C.1 for opening (O) operations only.

The grid(s) specified in Annex C shall be so positioned that the bulk of the emitted ionized gases passes through the grid(s). The grid(s) shall be placed in the most unfavourable position(s).

NOTE 1 If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, appropriate information should be provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C as shown in the test circuit diagrams of Figures 7 and 8.

The resistor R' shall have a resistance of 1,5 Ω . The copper wire F' (see Figure C.3) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for RCBOs having a rated voltage of 230 V and 0,16 mm for RCBOs having a rated voltage of 400 V.

NOTE 2 Data for other voltages are under consideration.

For test currents up to and including 1 500 A the distance "a" shall be 35 mm.

For higher short-circuit currents up to I_{cn} the distance "a" may be increased and/or additional barriers or insulating means may be fitted, as stated by the manufacturer; "a", if increased, shall be chosen from the series 40 – 45 – 50 – 55 – ... mm and stated by the manufacturer.

9.12.9.2 Test in enclosures

The grid and the barrier of insulating material shown in Figure C.1 are omitted.

The test shall be performed with the RCBO placed in an enclosure having the most unfavourable configuration.

NOTE This means that if other RCBOs (or other devices) are normally fitted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, they could be installed there. These RCBOs (or other devices) should be supplied as in normal use, but via F' and R' as defined in 9.12.9.1 and connected as shown in the appropriate Figures 7 and 8.

In accordance with the manufacturer's instructions, barriers or other means, or adequate clearances may be necessary to prevent ionized gases from affecting the installation.

The polyethylene sheet as described in Annex C is placed as shown in Figure C.1 at a distance of 10 mm from the operating means, for O operations only.

9.12.10 Behaviour of the RCBO during short-circuit tests

During tests the RCBO shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and frame, no blowing of the fuse F and, if applicable, of the fuse F'.

9.12.11 Test procedure

9.12.11.1 General

The test procedure consists of a sequence of operations. The following symbols are used for defining the sequence of operations:

O represents an automatic opening;

CO represents a closing operation followed by an automatic opening operation;

t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or longer, as may be required by the thermal release in order to permit the reclosing of the RCBO.

The actual value of t shall be stated in the test report.

After arc extinction, the recovery voltage shall be maintained for a duration not less than 0,1 s.

Three samples shall be tested for each of the tests of 9.12.11.2, 9.12.11.3 and 9.12.11.4.

9.12.11.2 Test at reduced short-circuit currents

9.12.11.2.1 Tests on all RCBOs

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or $10 I_n$, whichever is the higher, at a power factor between 0,93 and 0,98.

Each overcurrent protected pole of the RCBO is subjected separately to a test in a circuit similar to Figure 7, but with the impedance Z_1 connected only to the pole to be tested and directly connected to the Neutral without passing the current through the N-pole of the RCBO, at a voltage of 105 % of the rated phase to neutral voltage value.

The RCBO is caused to open automatically nine times, the circuit being closed six times by the making switch T and three times by the RCBO itself.

The sequence of operations shall be:

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

For the test, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation for the opening operations are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Short-circuit test on RCBOs for verifying their suitability for use in IT systems

This test is carried out on new samples.

The additional impedances Z_1 (see 9.12.7.3) are adjusted so as to obtain a current of 500 A or 1,2 times the upper limit of the standard range of instantaneous tripping given in Table 4, whichever is the higher, but not exceeding 2 500 A, at a power factor between 0,93 and 0,98, at a voltage 105 % of the rated phase to phase voltage value.

According to 5.3.7, the pole marked N, if any, is tested with a current of 500 A or $10 I_n$ whichever is the greater and at a voltage of 105 % of U_o for the pole marked N, if any.

For RCBOs having an instantaneous tripping value exceeding $20 I_n$, the impedances are adjusted as to obtain a current 1,2 times the upper limit of instantaneous tripping declared by the manufacturer, the 2 500 A limitation being disregarded.

Each pole of RCBOs is subjected individually to a test in a circuit, the connections of which are shown in Figure 8.

The sequence of operations shall be

O - t – CO

For the O operation on the first protected pole, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 0° on the wave for this operation.

For the following O operations on the other protected poles to be tested (see Clause C.2) this point is shifted each time by 30° with respect to the point on wave of the previous test, with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

RCBOs with uninterrupted neutral are not subjected to this test.

NOTE According to IEC 60364-4-43, devices with uninterrupted neutral cannot obviously be tested according to this clause.

9.12.11.3 Test at 1 500 A

For RCBOs having rated short-circuit capacity of 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2 to obtain a current of 1 500 A at a power factor corresponding to this current according to Table 21.

For RCBOs having a rated short-circuit capacity exceeding 1 500 A, the test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3 at a power factor corresponding to 1 500 A, according to Table 21.

The RCBOs are tested in a circuit according Figure 7.

For three-pole RCBOs with three current paths, no connection is made between the neutral of the supply and the common point on the load side of the RCBO.

For four-pole RCBOs with three protected poles, the neutral of the supply is connected through the unprotected pole or the switched neutral pole to the common point on the load side of the RCBO.

If the neutral of a four-pole RCBO is not marked by the manufacturer the tests are repeated with three new samples, using successively each pole as neutral in turn.

For the test of single-pole and two-pole RCBOs, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the six points of initiation for the opening operations are equally distributed over the half-wave with a tolerance of $\pm 5^\circ$.

The sequence of operations shall be as specified in 9.12.11.2.1.

For three-pole and four-pole RCBOs, random point-on-wave testing is acceptable.

9.12.11.4 Test above 1 500 A

- a) Ratio between service short-circuit capacity and rated short-circuit capacity (factor k)

The ratio between the service short-circuit capacity and the rated short-circuit capacity shall be in accordance with Table 22.

Table 22 – Ratio between service short-circuit capacity (I_{cs}) and rated short-circuit capacity (I_{cn}) – (factor k)

I_{cn}	k
$\leq 6\,000\text{ A}$	1
$> 6\,000\text{ A}$ $\leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$> 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Minimum value of I_{cs} : 6 000 A.	
^b Minimum value of I_{cs} : 7 500 A.	

- b) Test at service short-circuit capacity (I_{cs})

- 1) The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.3, with a power factor in accordance with Table 21.

When the supply and load terminals of the RCBOs under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

- 2) For single-pole and two-pole RCBOs the sequence of operations is:

O – t – O – t – CO

For the "O" operations, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed at the point 0° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 45° for the second "O" operation on the first sample; for the second sample, the two "O" operations shall be synchronized at 15° and 60° and for the third sample at 30° and 75° .

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

This test procedure is shown in Table 23.

Table 23 – Test procedure for I_{cs} in the case of single- and two-pole RCBOs

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

3) For three-pole and four-pole RCBOs the sequence of operations is:

$$O - t - CO - t - CO$$

For the "O" operations, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on any point x° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 60° for the "O" operation on the second sample and by a further 60° for the "O" operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$. The same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization for the different samples.

This test procedure is shown in Table 24.

Table 24 – Test procedure for I_{cs} in the case of three- and four-pole RCBOs

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

c) Test at rated short-circuit capacity (I_{cn})

The test circuit is calibrated according to 9.12.7.1 and 9.12.7.2.

When the supply and load terminals of the RCBOs under test are not marked, two of the samples are connected in one direction and the third sample in the reverse direction.

The sequence of operations is:

$$O - t - CO$$

For the "O" operations, the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the circuit is closed on the point 15° on the wave for the "O" operation on the first sample.

This point is then shifted by 30° for the "O" operation on the second sample and by a further 30° for the "O" operation on the third sample.

The synchronization tolerance shall be $\pm 5^\circ$.

For three- and four-pole RCBOs, the same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization.

The test procedure is shown in Table 25.

Table 25 – Test procedure for I_{cn}

Operation	Sample		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

9.12.12 Verification of the RCBO after short-circuit test

9.12.12.1 After each of the tests according to 9.12.11.2 or 9.12.11.3 or 9.12.11.4 b), the RCBOs shall show no damage impairing their further use and shall be capable, without maintenance, withstanding the following tests:

- a) leakage current across open contacts, according to 9.7.7.3;
- b) dielectric strength tests according to 9.7.3 carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit test at a voltage of 500 V less the value prescribed and without humidity treatment.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in item a) of 9.7.2, it shall be verified that the indicating means show the open position and during the test carried out under the condition specified in item b) of 9.7.2 the indicating means shall show the closed position.

Moreover, after the tests of 9.12.11.3 or 9.12.11.4 b), RCBOs shall not trip when a current equal to 0,85 times the conventional non-tripping current is passed through all poles for the conventional time, starting from cold.

At the end of this verification the current is steadily increased within 5 s to 1,1 times the conventional tripping current.

The RCBOs shall trip within the conventional time.

The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

9.12.12.2 After the tests according to 9.12.11.4.c), the polyethylene foil shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification and the RCBOs shall show no damage impairing their further use and shall, without maintenance, withstand the following tests.

- a) Leakage current across open contacts, according to 9.7.7.3.
- b) Dielectric strength tests according to 9.7.3, carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit tests at a voltage of 900 V and without previous humidity treatment.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in 9.7.2 a), it shall be verified that the indicating means show the open position, and during the test carried out under the conditions specified in 9.7.2 b) the indicating means shall show the closed position.

- c) Moreover the RCBOs shall trip within the time corresponding to the test c) of Table 10 when a current equal to $2,8 I_n$ is passed through all poles, the lower time limit being 0,1 s instead of 1 s.

9.12.13 Verification of the rated residual making and breaking capacity ($I_{\Delta m}$)

This test is intended to verify the ability of the RCBOs to make, to carry for a specified time and to break residual short-circuit currents.

9.12.13.1 Test procedure

The RCBO shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.12.1, but connected in such a manner that the short-circuit current is a residual current.

The test is performed on each pole in turn excluding the pole marked N, if any. For the purpose of this test, the impedance Z_1 shall not be used, the circuit being left open.

The current paths which do not carry the residual short-circuit current are connected to the supply voltage at their line terminals.

The auxiliary switch S_1 remains closed during this test.

In the case of RCBOs according to 4.1.2.1, in order to permit the breaking operations to be made, it is necessary either to position the making switch T making the short-circuit on the load side of the RCBO or to insert an additional short-circuit making device in that position.

The following sequence of operations is performed:

O – t – CO – t – CO.

For the breaking operation the making switch T is synchronized with respect to the voltage wave so that the point of initiation is $45^\circ \pm 5^\circ$.

The same pole shall be used as reference for the purpose of synchronization for the different samples.

9.12.13.2 Verification of the RCBO after residual current making and breaking test

After the test carried out in accordance with 9.12.13.1, the RCBO shall show no damage impairing its further use and shall be capable, without maintenance, of

- complying with the requirements of 9.7.3, but at a voltage equal to twice its rated voltage, for 1 min, without previous humidity treatment, and
- making and breaking its rated current at its rated voltage.

Under the condition of 9.9.1.2 c) the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole, taken at random, without measurement of break time.

The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

In addition RCBOs functionally dependent on line voltage shall be capable to satisfy the test of 9.17, if applicable.

9.13 Verification of resistance to mechanical shock and impact**9.13.1 Mechanical shock****9.13.1.1 Test device**

The RCBO is subjected to mechanical shocks using an apparatus as shown in Figure 14. A wooden base A is fixed to a concrete block and a wooden platform B is hinged to A. This platform carries a wooden board C, which can be fixed at various distances from the hinge and in two vertical positions. The end of B bears a metal stop-plate D which rests on a coiled spring having a flexion constant of 25 N/mm.

The RCBO is secured to C in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from B, C being in turn so fixed that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in the figure.

On C, opposite to the mounting surface of the RCBO, an additional mass is fixed so that the static force on D is 25 N, in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.13.1.2 Test procedure

With the RCBO in the closed position, but not connected to any electrical source, the platform is lifted at its free end and then allowed to fall 50 times from a height of 40 mm, the interval between consecutive falls being such that the sample is allowed to come to rest.

The RCBO is then secured to the opposite side of C, and B is again allowed to fall 50 times as before.

After this test C is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the RCBO is 200 mm from the hinge.

B is then allowed to fall 50 times, as before, with the RCBO on one side of C, and 50 times with the RCBO on the opposite side.

Before each change of position the RCBO is manually opened and closed.

During the tests the RCBO shall not open.

9.13.2 Mechanical impact

Compliance is checked on those exposed parts of the RCBO mounted as for normal use (see note in 8.2), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.13.2.1, for all types of RCBO and, in addition, by the tests of

- 9.13.2.2 for RCBOs intended to be mounted on a rail;
- 9.13.2.3 for plug-in type RCBOs.

NOTE RCBOs intended to be totally enclosed only are not submitted to this test.

9.13.2.1 The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown in Figures 15 to 17.

The head of the striking element has a hemispherical face of radius 10 mm and is of polyamide having a Rockwell hardness of HR 100. The striking element has a mass of $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,002\,5\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM specification D 785-65 (1970).

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type RCBOs are mounted on a sheet of plywood, 175 mm × 175 mm, 8 mm thick, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 17.

The mounting support shall have a mass of 10 kg ± 1 kg and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type RCBOs are mounted in a test device, as shown in Figure 18, which is fixed to the mounting support.

Panel mounting-type RCBOs are mounted in a test device, as shown in Figure 19, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type RCBOs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the test devices according to Figure 18 or 19, as applicable.

RCBOs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support, as shown in Figure 20.

The design of the test apparatus is such that:

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;
- the plywood can be turned about a vertical axis.

The RCBO, with its covers, if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate test device, as applicable, so that the point of impact lies in the vertical plane through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 14.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the RCBO is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact.

The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element should be the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each RCBO is subjected to 10 blows, two of them being applied to the operating means and the remainder being evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60°, about a vertical axis, and two blows each

approximately midway between the side blow on a lateral side and the blows on the operating means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about its axis perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

The two blows on the operating means shall be applied: one when the operating means is in the ON position and the other when the operating means is in the OFF position.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this standard. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the RCBO, operating means, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such a damage.

In case of doubt, it is verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.1.3 as well as small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

When testing RCBOs designed for screw fixing as well as for rail mounting the test is made on two sets of RCBOs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.13.2.2 RCBOs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied in one smooth and continuous motion for 1 min on the forward surface of the RCBO, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 20).

During this test the RCBO shall not become loose and after the test the RCBO shall show no damage impairing its further use.

9.13.2.3 Plug-in type RCBOs

NOTE Additional tests are under consideration.

9.14 Test of resistance to heat

9.14.1 The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

During the test the samples shall not undergo any change impairing their further use, and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally non-accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Under the test condition of 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. Only one test is made, on one pole taken at random, without measurement of break time.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this standard.

9.14.2 External parts of RCBOs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts, or parts, of the protective circuit, are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 21. Insulating parts necessary to retain in position terminals for protective conductors in a box, shall be tested as specified in 9.14.3.

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position. A steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.14.3 External parts of RCBOs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.14.2, but the test is made at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is the higher.

NOTE For the purpose of the tests of 9.14.2 and 9.14.3, bases of surface-type RCBOs are considered as external parts.

The tests of 9.14.2 and 9.14.3 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.14.2 and 9.14.3 are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to 9.14.2 or 9.14.3 as applicable.

9.15 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete RCBO in accordance with IEC 60695-2-10 under the following conditions:

- for external parts of RCBOs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type RCBOs are considered as external parts.

If insulating parts within the above groups are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts or to ensure that a part of the insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

The test is made on three samples, points of application of glow wire test being different from one sample to another one.

The glow wire cannot be applied directly to terminals area or arc chamber or magnetic tripping device area, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever getting in touch with the glow-wire. In this situation the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.

The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

If an internal part of insulation material influences the test with a negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. Then, the glow wire test shall be repeated at the same place on this new sample.

In accordance with the manufacturer, it is acceptable as an alternative method to remove the part under examination in its entirety and test it separately (see IEC 60695-2-11:2000, Clause 4).

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if

- either there is no visible flame and no sustained glowing,
- or flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pine wood board.

9.16 Verification of the operation of the test device at the limits of rated voltage

- a) The RCBO being supplied with a voltage equal to 0,85 times the rated voltage, the test device is momentarily actuated 25 times at intervals of 5 s, the RCBO being reclosed before each operation.
- b) Test a) is then repeated at 1,1 times the rated voltage.
- c) Test b) is then repeated, but only once, the operating means of the test device being held in the closed position for 30 s.

For each test the RCBO shall operate. After the test, the sample shall show no change impairing its further use.

In order to check that the ampere-turns due to the actuation of the test device are less than 2,5 times the ampere-turns produced by a residual current equal to $I_{\Delta n}$ at the rated voltage, the impedance of the circuit of the test device is measured and the test current is calculated, taking into account the configuration of the circuit of the test device.

If, for such verification, the dismantling of the RCBO is necessary, a separate sample shall be used.

NOTE The verification of the endurance of the test device is considered as covered by the tests of 9.10.

9.17 Verification of the behaviour of RCBOs functionally dependent on line voltage, classified under 4.1.2.1, in case of failure of the line voltage

NOTE Verification of the value of U_y (see 3.4.21.2) is not considered in this standard.

9.17.1 Determination of the limiting value of the line voltage (U_x)

A voltage equal to the rated voltage is applied to the line terminals of the RCBO and is then progressively lowered so as to attain zero within a period of about 30 s or within a period long enough with respect to the opening with delay, if any (see 8.12), whichever is the longer, until automatic opening occurs.

The corresponding voltage is measured.

Five measurements are made.

All the values measured shall be less than 0,85 times the rated voltage (or, if relevant, 0,85 times the minimum value of the range of rated voltages).

At the end of these measurements, it shall be verified that the RCBO operates in accordance with Table 2 when a residual current equal to $I_{\Delta n}$ is applied in the case of a drop in line voltage, under the conditions specified in this subclause, until automatic opening occurs, the applied voltage being just above the highest value measured.

Then it shall be checked that for any value of the line voltage less than the lowest value measured, it shall not be possible to close the apparatus by the manual operating means.

9.17.2 Verification of the automatic opening in case of failure of the line voltage

The RCBO is supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having a value within its range of rated voltages) and is closed.

The line voltage is then switched off.

The time interval between the switching off and the opening of the main contacts is measured.

Five measurements are made:

- a) for RCBOs opening without delay: no value shall exceed 0,5 s;
- b) for RCBOs opening with delay: the maximum and the minimum values shall be situated within the range indicated by the manufacturer.

9.17.3 Verification of the correct operation, in presence of a residual current, for RCBOs opening with delay in case of failure of the line voltage

The RCBO is connected according to Figure 4 and is supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with any voltage having a value within its range of rated voltages).

All phases but one are then switched off by means of the switch S_3 .

During the delay (see Table 11) indicated by the manufacturer, the RCBO is submitted to the tests of 9.9.1.2, the closing and subsequent opening of switch S_3 being required before each measurement.

NOTE The test of 9.9.1.2 a) is only made if the delay is greater than 30 s.

9.17.4 Verification of correct operation of RCBOs with three or four current paths, in presence of a residual current, the neutral and one line terminal only being energized

In the case of RCBOs with three or four current paths (see 4.3) a test is made in accordance with 9.9.1.2 c), but with the neutral and one line terminal only being energized, connections being made in accordance with Figure 4.

The test is repeated with each of the other lines in turn.

9.17.5 Verification of the reclosing function of automatically reclosing RCBOs

Under consideration.

9.18 Void

9.19 Verification of behaviour of RCBOs in case of current surges caused by impulse voltages

9.19.1 Current surge test for all RCBOs (0,5 µs/100 kHz ring wave test)

The RCBO is tested using a surge generator capable of delivering a damped oscillator current wave as shown in Figure 26. An example of a circuit diagram for the connection of the RCBO is shown in Figure 27.

One pole of the RCBO, chosen at random, shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional RCBO of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, to meet the following requirements:

- peak value: $200 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
or $25 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ for RCBOs with $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$
- virtual front time: $0,5 \text{ µs } \pm 30 \%$
- period of the following oscillatory wave: $10 \text{ µs } \pm 20 \%$
- each successive reverse peak: about 60 % of the preceding peak

During the tests, the RCBO shall not trip. After the ring wave test, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c) at $I_{\Delta n}$ only with the measurement of the tripping time.

NOTE Test procedures and relevant test circuits for RCBOs with integral or incorporated overvoltage protection are under consideration.

9.19.2 Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test)

9.19.2.1 Test conditions

The RCBO is tested using a current generator capable of delivering a damped surge current 8/20 µs (IEC 60060-2) as shown in Figure 28. An example of a test circuit for the connection of the RCBO is shown in Figure 29.

One pole of the RCBO, chosen at random, shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge current wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional RCBO of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, to meet the following requirements:

- peak value: $3\,000\text{ A }^{+10}_{-0}\%$
- virtual front time: $8\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- virtual time to half value: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- peak of reverse current: less than 30 % of peak value

The current should be adjusted to the asymptotic current shape. For the tests on other samples of the same type with the same I_n and the same $I_{\Delta n}$, the reverse current, if any, should not exceed 30 % of the peak value.

9.19.2.2 Test results for S-type RCBOs

During the tests, the RCBO shall not trip.

After the surge current tests, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c), at $I_{\Delta n}$ only, with the measurement of the break time.

9.19.2.3 Test results for RCBOs of the general type

During the tests, the RCBO may trip. After any tripping, the RCBO shall be re-closed.

After the surge current tests, the correct operation of the RCBO is verified by a test according to 9.9.1.2 c), at $I_{\Delta n}$ only, with the measurement of the break time.

9.20 Void

9.21 Void

9.22 Verification of reliability

Compliance is checked by the tests of 9.22.1 and 9.22.2.

For RCBOs having multiple settings the tests shall be made at the lowest setting.

9.22.1 Climatic test

The test is based on IEC 60068-2-30 taking into account IEC 60068-3-4.

9.22.1.1 Testing chamber

The chamber shall be constructed as stated in Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and not used again until it has been repurified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than $500\text{ }\Omega\text{m}$ and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test, the resistivity should be not less than $100\text{ }\Omega\text{m}$ and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.22.1.2 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: $55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- number of cycles : 28.

9.22.1.3 Test procedure

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005 and with IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the RCBO to the test according to 9.9.1.2 c), but only at $I_{\Delta n}$.

b) Conditioning

- 1) The RCBO mounted and wired as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position.

- 2) Stabilizing period (see Figure 23)

The temperature of the RCBO shall be stabilized at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- i) either by placing the RCBO in a separate chamber before introducing it into the test chamber;
- ii) or by adjusting the temperature of the test chamber to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ after the introduction of the RCBO and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits prescribed for standard atmospheric conditions for testing (see Table 6).

During the final hour, with the RCBO in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description of the 24 h cycle (see Figure 24)

- i) The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.22.1.2.

The upper temperature shall be achieved in a period of $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area in Figure 24.

During this period, the relative humidity shall not be less than 95 %. Condensation shall occur on the RCBO during this period.

NOTE The condition that condensation should occur implies that the surface temperature of the RCBO is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 % if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

- ii) The temperature shall then be maintained at a substantially constant value within the prescribed limits of $\pm 2\text{ °C}$, for the upper temperature, for 12 h with a tolerance of $\pm 30\text{ min}$ from the beginning of the cycle.

During this period, the relative humidity shall be $93\% \pm 3\%$ except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the RCBO during the last 15 min.

- iii) The temperature shall then fall to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ within 3 h to 6 h. The rate of fall for the first 1 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 24, it would result in a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ being attained in $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

- iv) The temperature shall then be maintained at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ with a relative humidity not less than 95 % until the 24 h cycle is completed.

9.22.1.4 Recovery

At the end of the cycles the RCBO shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation are stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles the RCBO shall not trip.

9.22.1.5 Final verification

Under the test conditions specified in 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break time.

9.22.2 Test with temperature of 40 °C

The RCBO is mounted as for normal use on a dull black painted plywood wall, about 20 mm thick.

For each pole, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 13, is connected on each side of the RCBO, the terminal screws or nuts being tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 14. The assembly is placed in a heating cabinet.

The RCBO is loaded with a current equal to the rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch, the RCBO being not operated.

For four-pole RCBOs with three overcurrent protected poles, only the three protected poles are loaded.

For four-pole RCBOs with four overcurrent protected poles, only any three of these are loaded.

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples; this temperature rise shall not exceed 65 K.

After this test the RCBO in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

Under the conditions of tests specified in 9.9.1.2 c) 1), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random, without measurement of break time.

9.23 Verification of ageing of electronic components

The RCBO is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test the RCBO in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

Under the conditions of tests specified in 9.9.1.2 c), the RCBO shall trip with a test current of $1,25 I_{\Delta n}$. One test only is made on one pole taken at random without measurement of break time.

NOTE An example of the test circuit for this verification is given in Figure 25.

9.24 Electromagnetic compatibility (EMC)

9.24.1 Tests covered by the present standard

Tests listed in Table 27 are covered by the present standard and need not to be repeated.

Table 27 – Tests covered by this standard

Reference to Tables 4 and 5 of IEC 61543:1995 and Amendment 1:2004	Electromagnetic phenomena	Tests of IEC 61009-1
T 1.3	Voltage amplitude variations	9.9.1.4 and 9.17
T 1.4	Voltage unbalance	9.9.1.4 and 9.17
T 1.5	Power-frequency variations	9.2
T 1.8	Magnetic fields	9.12
T 2.4	Current oscillatory transients	9.19

9.24.2 Additional tests

Tests listed in Table 29 shall be carried out according to the test sequences H, I and J listed in Annex A of the present standard.

Table 29 – Test to be carried out according to IEC 61543

Reference to Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543: 1995 and Amendment 1: 2004	Electromagnetic phenomena
T1.1	Harmonics, interharmonics
T1.2	Signalling voltage
T2.3	Surges
T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
T2.5	Radiated electromagnetic field
T2.2	Fast transients (burst)
T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
T3.1	Electrostatic discharges

For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of IEC 61543.

9.25 Test of resistance to rusting

All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE 1 Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.

NOTE 2 When using the liquid specified for the test, adequate precautions should be taken to prevent inhalation of the vapour.

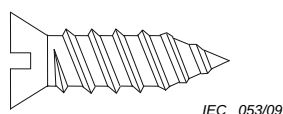


Figure 1 – Thread-forming tapping screw (3.6.10)

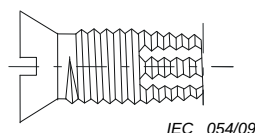
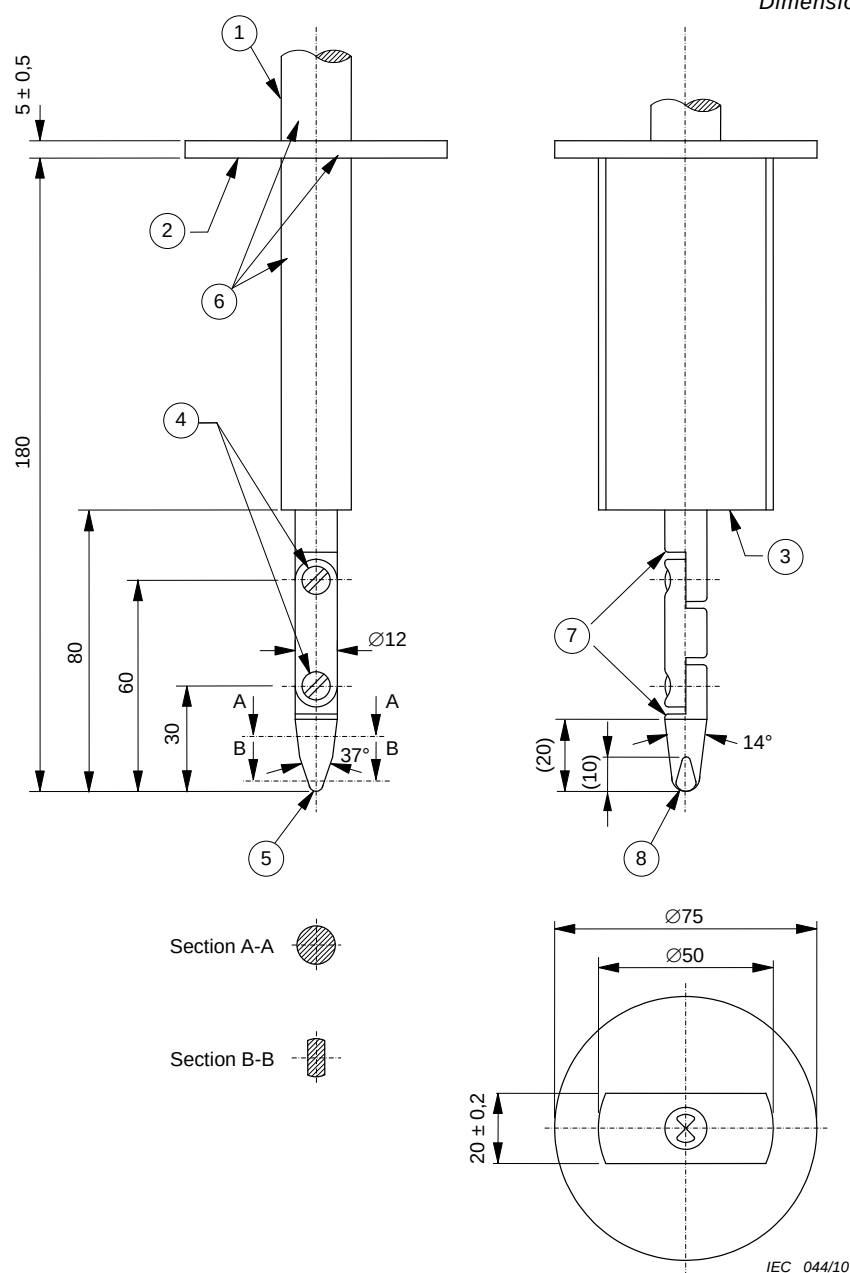


Figure 2 – Thread-cutting tapping screw (3.6.11)

Dimensions in millimetres



Key

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

- 5 $R2 \pm 0,05$ cylindrical
- 6 Insulating material
- 7 Chamfer all edges
- 8 $R4 \pm 0,05$ spherical

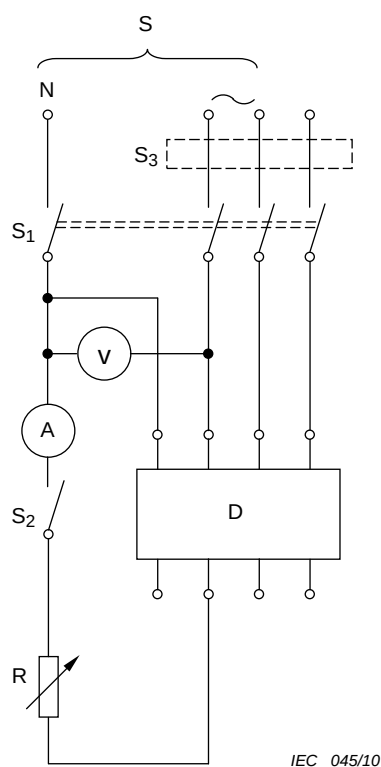
Material : metal, except where otherwise specified

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles:	0 -10
on linear dimensions:	0 -0,05 over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a tolerance of $+10^\circ$.

Figure 3 – Jointed test finger (9.6)



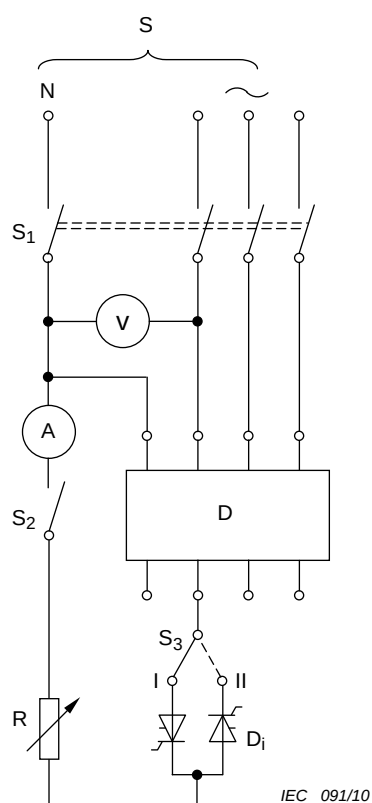
Key

- S Supply
- V Voltmeter
- A Ammeter
- S₁ All-pole switch
- S₂ Single-pole switch
- S₃ Switch operating all phases but one
- D RCBO under test
- R Variable resistor

NOTE S₃ remains closed except for the test of 9.17.3.

Figure 4 – Test circuit for the verification of

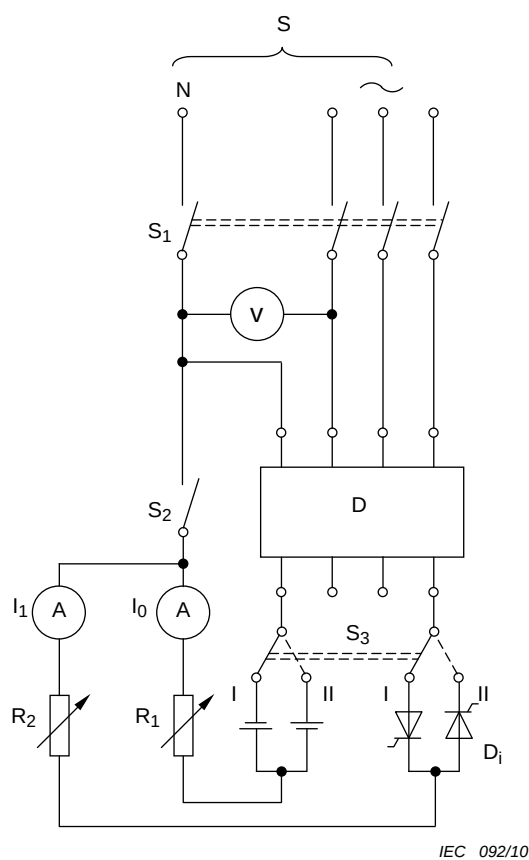
- operating characteristics (9.9.1)
- trip-free mechanism (9.11)
- behaviour in case of failure of line voltage (9.17.3 and 9.17.4)
for RCBOs functionally dependent on line voltage



Key

S	Supply
V	Voltmeter
A	Ammeter (measuring r.m.s. values)
D	RCBO under test
D _i	Thyristors
R	Variable resistor
S ₁	All-pole switch
S ₂	Single-pole switch
S ₃	Two-way switch

Figure 5 – Test circuit for the verification of the correct operation of RCBOs, in the case of residual pulsating direct currents



Key

S	Supply
V	Voltmeter
A	Ammeter (measuring r.m.s. values)
D	RCBO under test
D_i	Thyristors
R_1, R_2	Variable resistors
S_1	All-pole switch
S_2	Single-pole switch
S_3	Two-way, double pole switch

Figure 6 – Test circuit for the verification of the correct operation in case of residual pulsating direct currents in presence of a standing smooth direct current of 0,006 A

Explanation of letter symbols used in Figures 7, 8 and 9

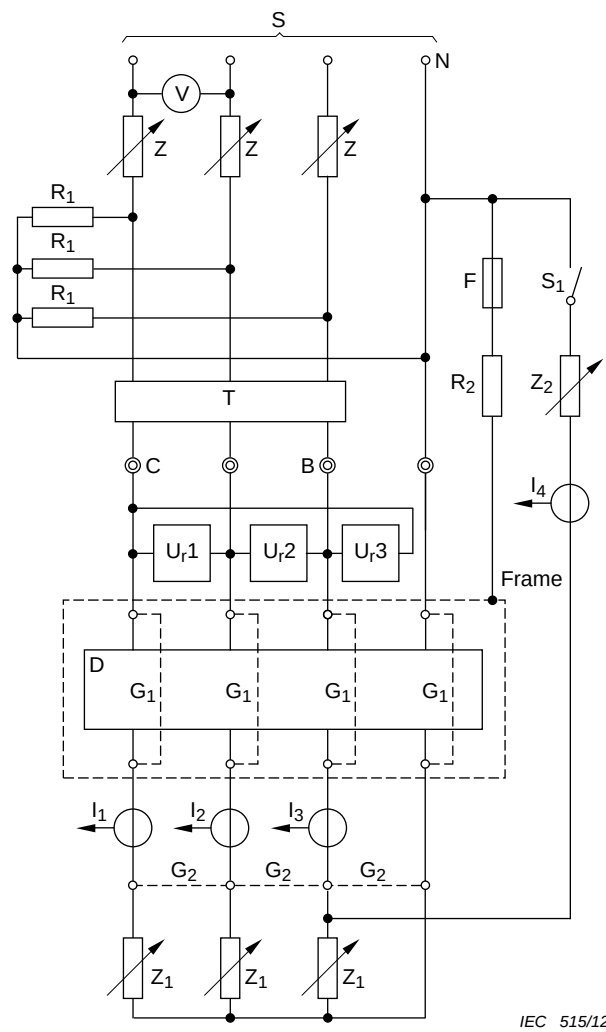
N	=	Neutral conductor
S	=	Supply
R	=	Adjustable resistor(s)
Z	=	Impedance in each phase for the calibration of the rated conditional short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.
Z_1	=	Adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current
Z_2	=	Adjustable impedance for the calibration of I_A
D	=	Device under test
frame	=	All conductive parts normally earthed in service, including FE, if any
G_1	=	Temporary connection(s) for calibration
G_2	=	Connection(s) for the test with rated conditional short-circuit current
T	=	Making switch for the short-circuit
I_1, I_2, I_3	=	Current sensor(s) May be situated on the supply or on the load side of device under test, but always on the secondary side of the transformer
I_4	=	Additional residual current sensor, if needed
U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}	=	Voltage sensor(s)
F	=	Device for the detection of a fault current
R_1	=	Resistance drawing a current of approximately 10 A
R_2	=	Resistor limiting the current in the device F
r	=	Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current (see 9.12.2)
S_1	=	Auxiliary switch
B and C	=	Points for the connections of the grid(s) shown in Annex C
L	=	Adjustable air cored inductance(s)

NOTE 1 The closing device T may alternatively be situated between the load side terminals of the device under test and current sensors I_1, I_2 and I_3 as applicable.

NOTE 2 The voltage sensors U_{r1}, U_{r2} and U_{r3} are connected between phase and neutral, as necessary.

NOTE 3 The adjustable load Z may be located at the high-voltage side of the supply circuit

NOTE 4 Resistances R_1 may be omitted with the agreement of the manufacturer.



IEC 515/12

Figure 7 – Typical diagram for all short-circuit tests except for 9.12.11.2.2

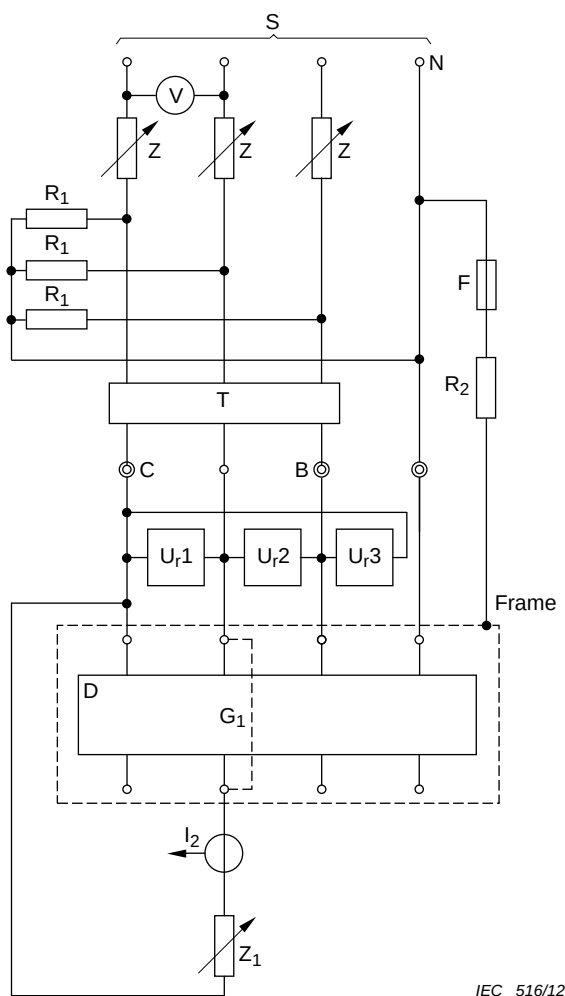


Figure 8 – Typical diagram for short-circuit tests according to 9.12.11.2.2

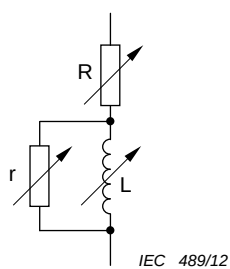
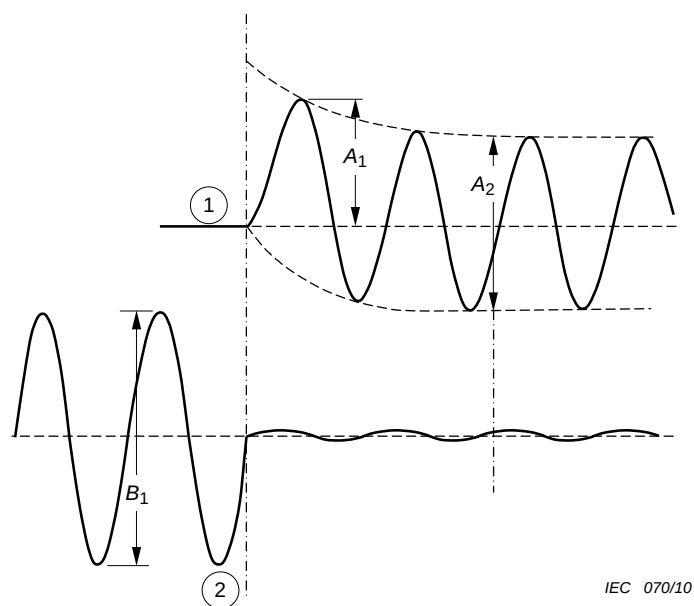


Figure 9 – Detail of impedances Z , Z_1 and Z_2

Figure 10 – Void

Figure 11 – Void

Figure 12 – Void



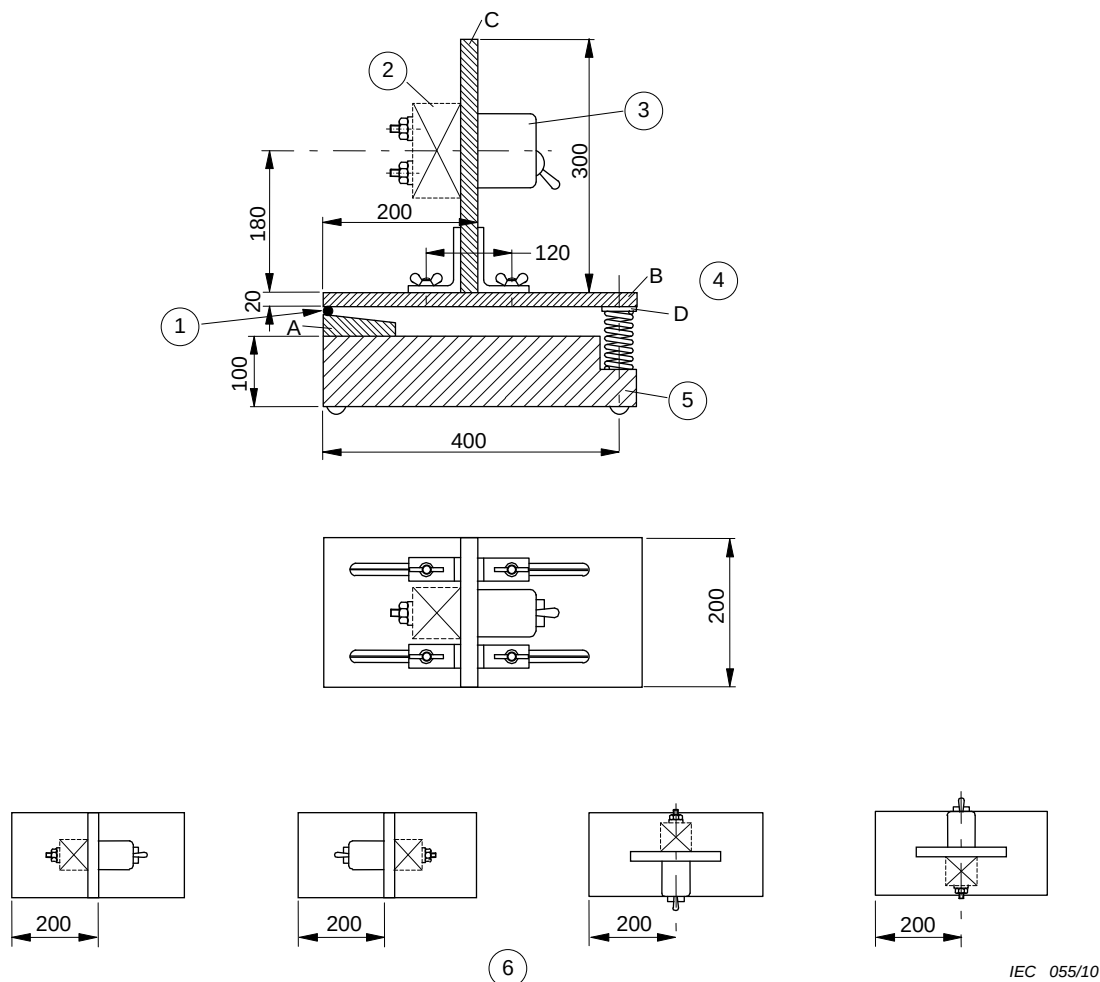
IEC 070/10

Key

- 1 Current
- 2 Voltage

Figure 13 – Example of calibration record for short-circuit test

Dimensions in millimetres

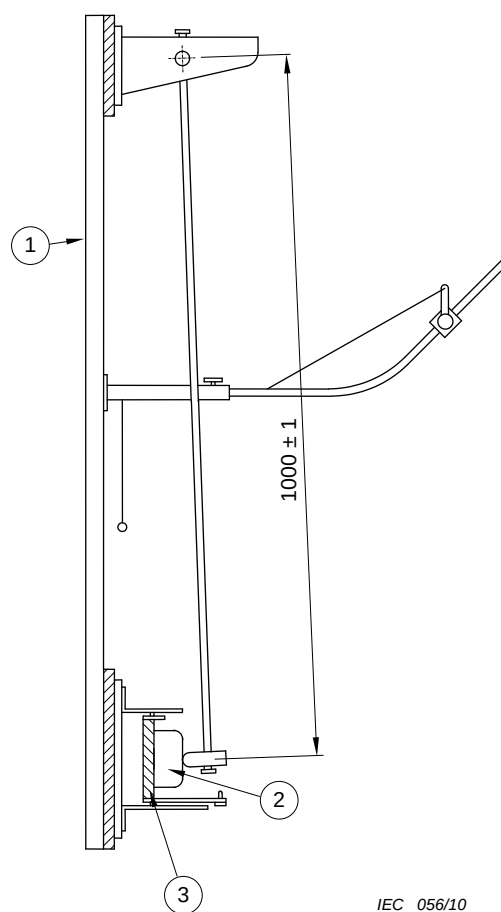


Key

- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 14 – Mechanical shock test apparatus (9.13.1)

Dimensions in millimetres

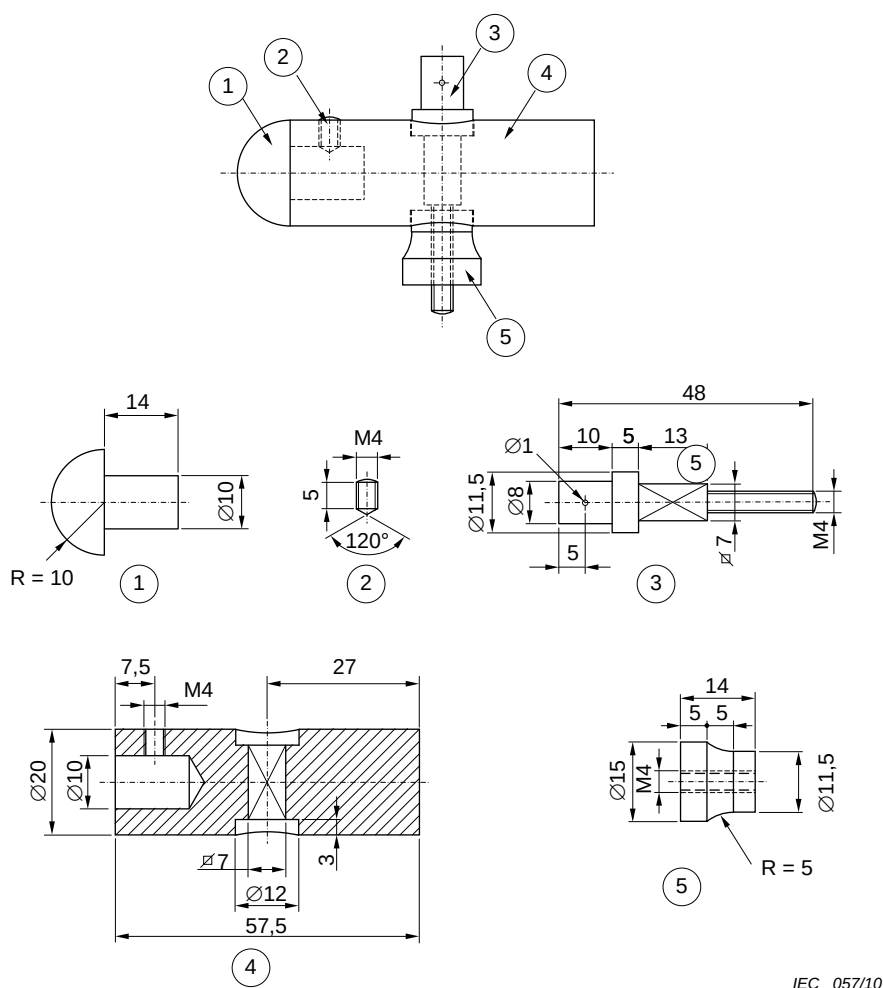


Key

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 15 – Mechanical impact test apparatus (9.13.2.1)

Dimensions in millimetres



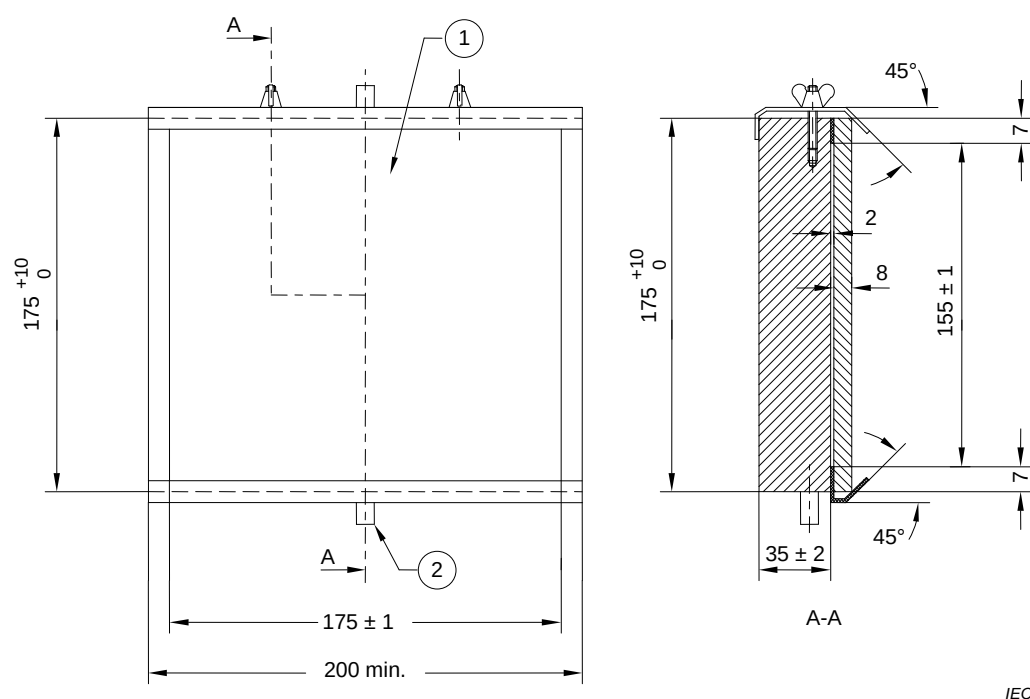
IEC 057/10

Key

- 1 Polyamide
- 2, 3, 4, 5 Steel Fe 360

Figure 16 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.13.2.1)

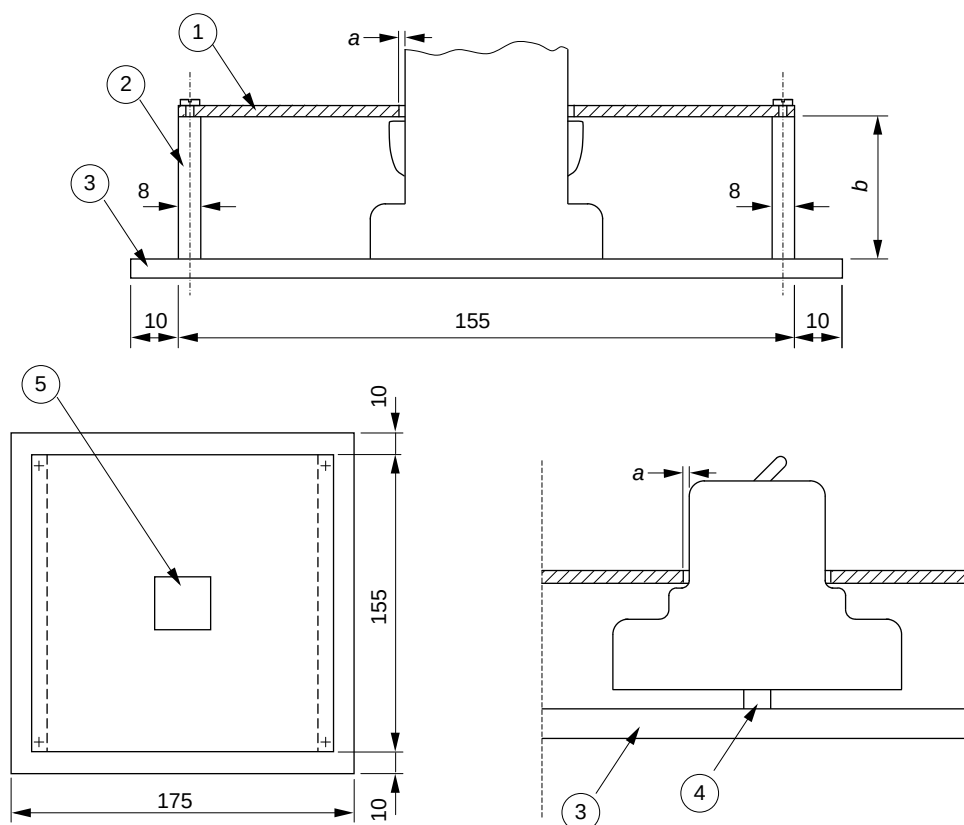
Dimensions in millimetres



Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

Figure 17 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.13.2.1)

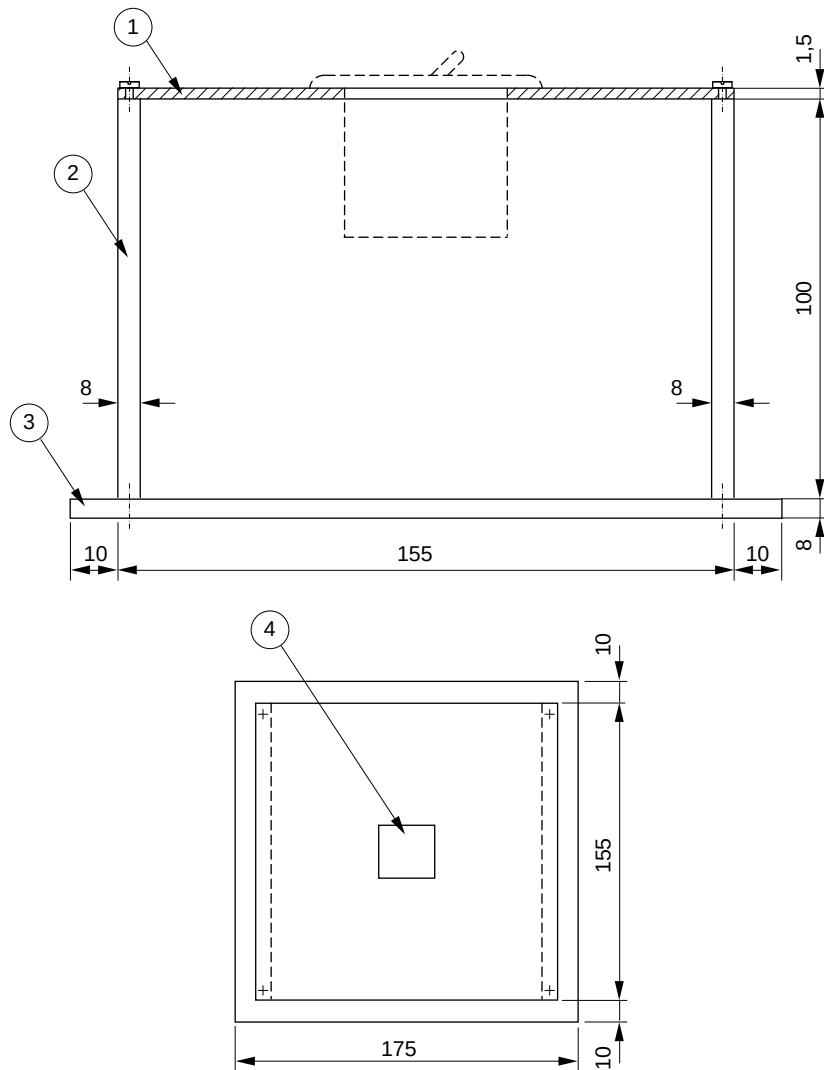


IEC 059/10

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Rail for RCBO designed to be mounted on a rail
- 5 Cut-out for the RCBO in the steel plate
- a The distance between the edges of the cut-out and the faces of the RCBO shall be between 1 mm and 2 mm
- b The height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the RCBO or, if the RCBO has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

Figure 18 – Example of mounting an unenclosed RCBO for mechanical impact test (9.13.2.1)



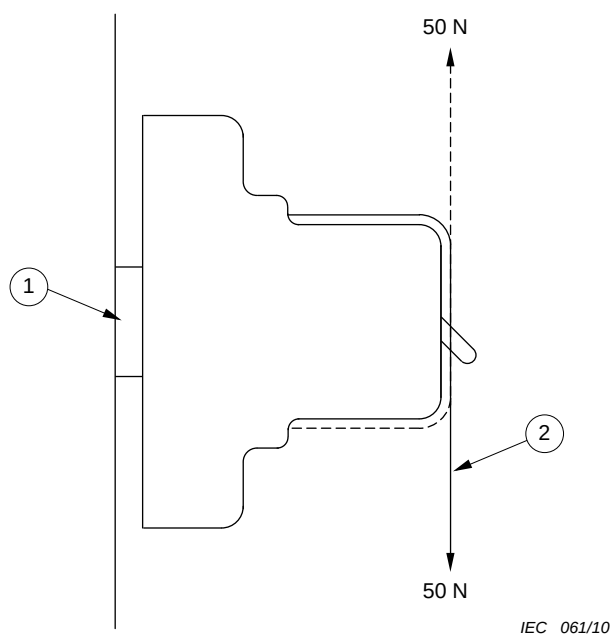
IEC 060/10

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the RCBO in the steel plate

NOTE In particular cases the dimensions may be increased.

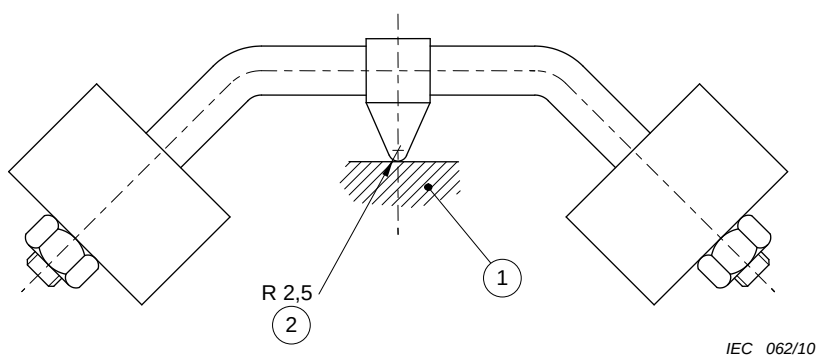
**Figure 19 – Example of mounting of panel mounting type RCBO
for the mechanical impact test (9.13.2.1)**



Key

- 1 Rail
- 2 Cord

Figure 20 – Application of force for mechanical impact test of rail mounted RCBO (9.13.2.2)

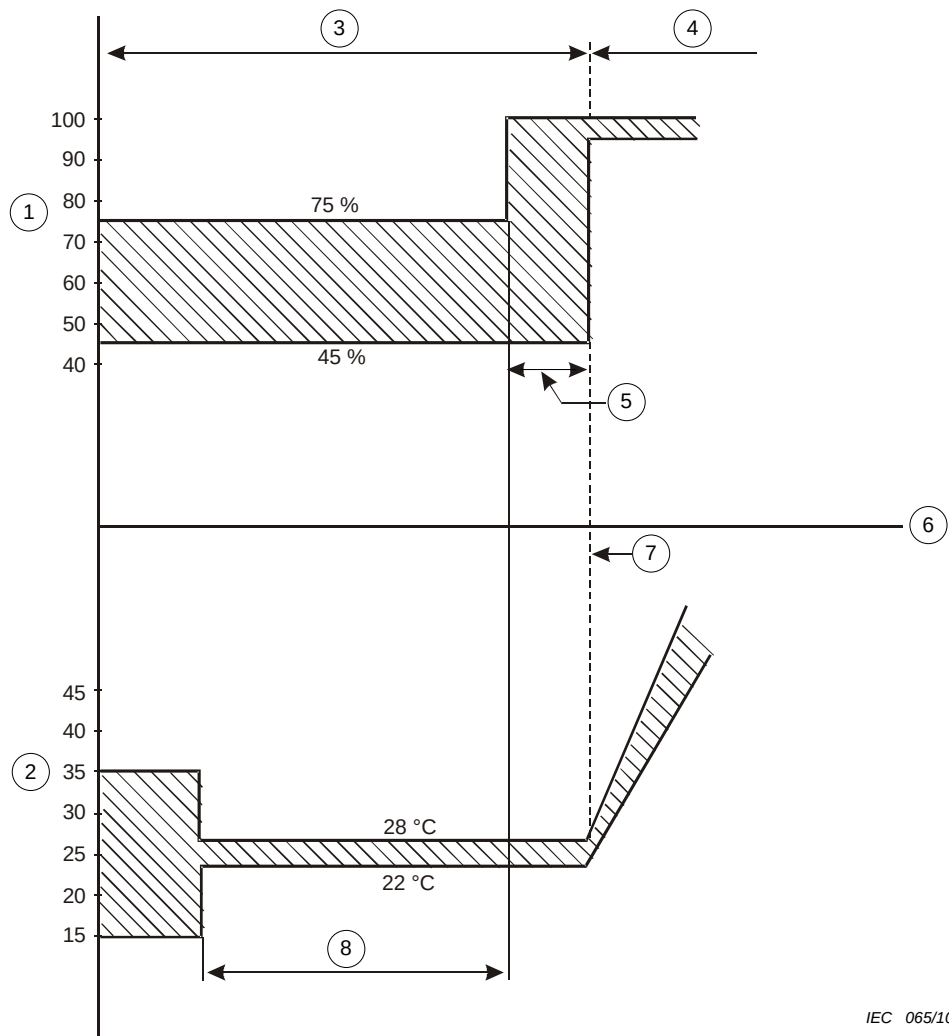


Key

- 1 Sample
- 2 Spherical

Figure 21 – Ball-pressure test apparatus (9.14.2)

Figure 22 – Void

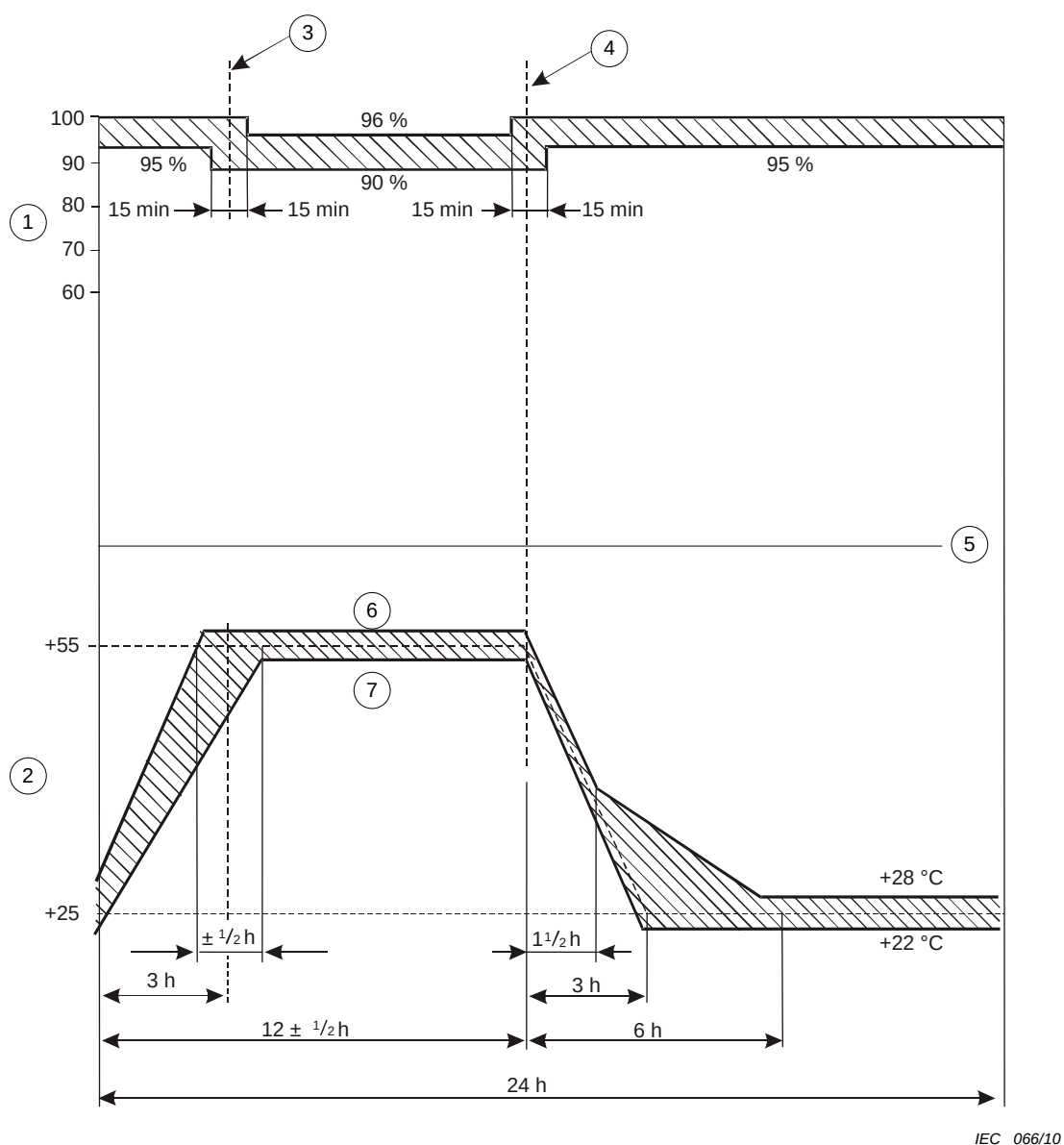


IEC 065/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 Stabilizing period
- 4 First cycle
- 5 Time required to reach 95 %-100 % relative humidity (not exceeding 1 h)
- 6 Time
- 7 Start of the first cycle
- 8 Time required for test specimen to reach temperature stability

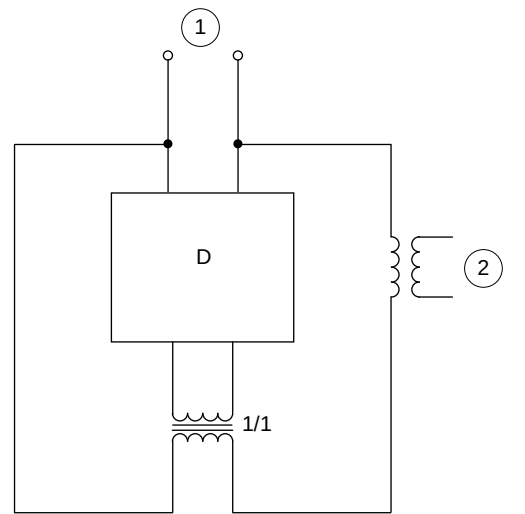
Figure 23 – Stabilizing period for reliability test (9.22.1.3)



Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 End of the temperature rise
- 4 Start of the temperature fall
- 5 Time
- 6 Upper temperature +57 °C
- 7 Lower temperature +53 °C

Figure 24 – Reliability test cycle (9.22.1.3)

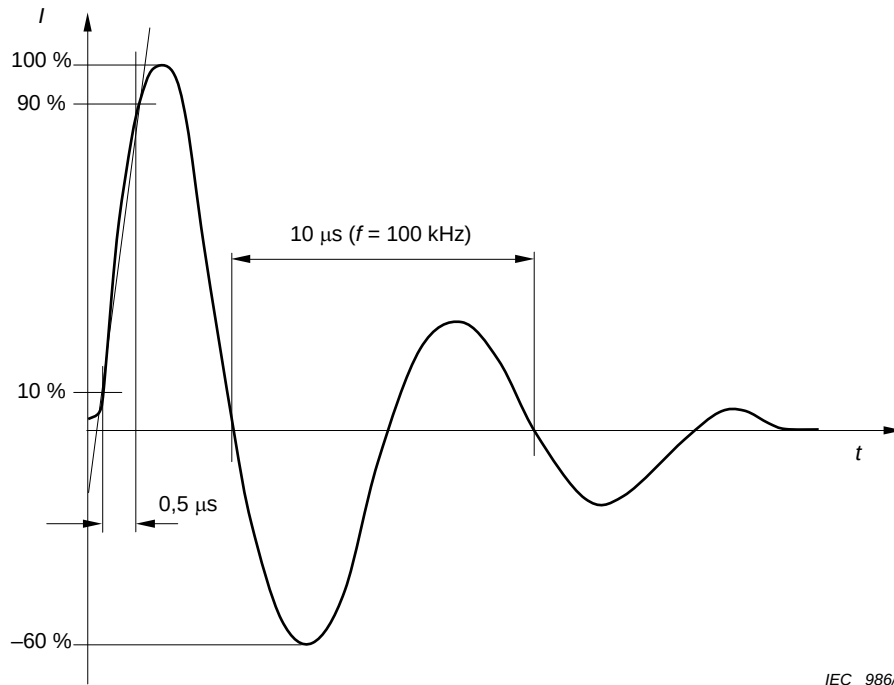


IEC 067/10

Key

- D RCBO under test
- 1 Supply at $1,1 U_n$
- 2 Current supply

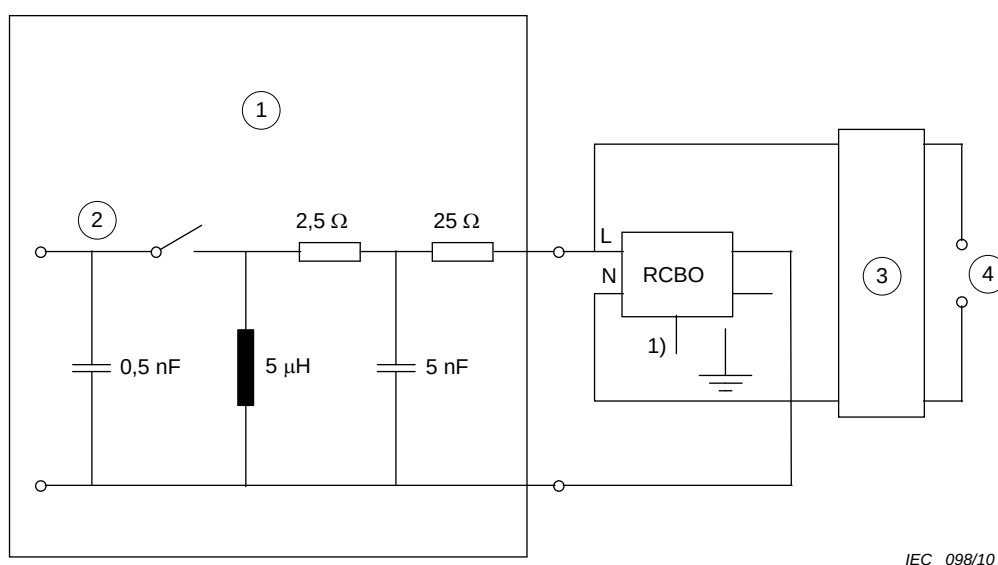
Figure 25 – Example of a test circuit for verification of ageing of electronic components (9.23)



IEC 986/08

NOTE Care should be taken that the oscillating wave is guaranteed at least up to the 5th full period (50 μ s).

Figure 26 – Damped oscillator current wave, 0,5 μ s/100 kHz



Key

- 1 Ring wave generator 0,5 μs/100 kHz
- 2 Trigger
- 3 Filter
- 4 Supply

- 1) If the RCBO has an earthing terminal, it shall be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the RCBO or, that failing, to any phase terminal.

Figure 27 – Test circuit for the ring wave test at RCBOs

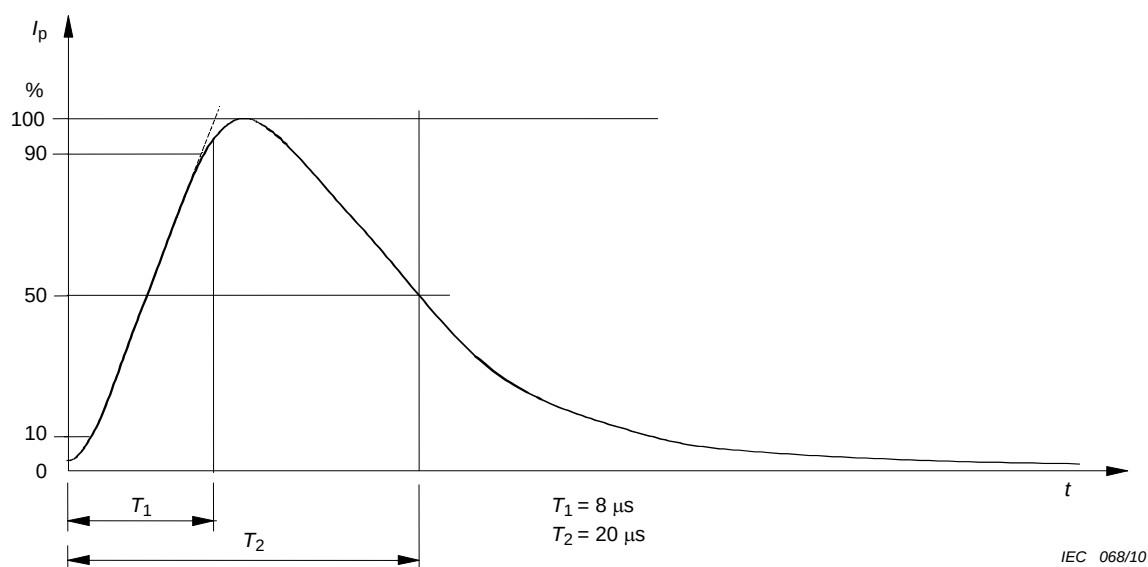
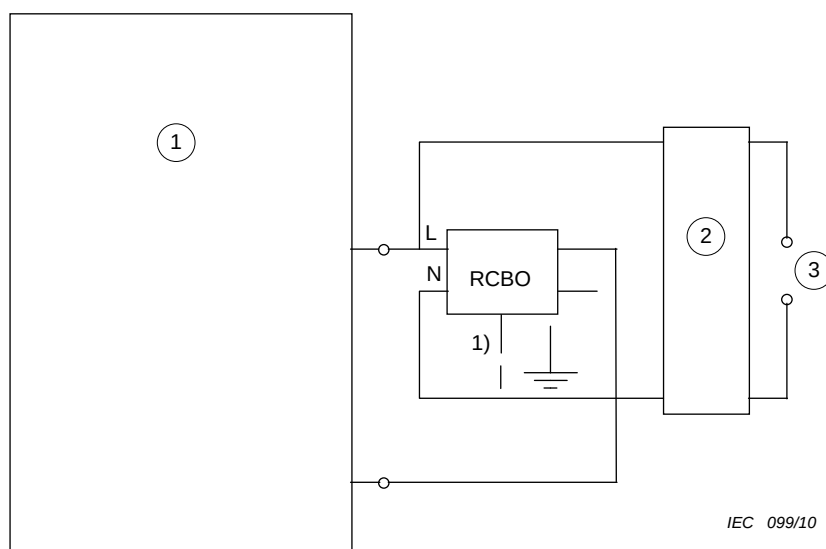


Figure 28 – Surge current impulse 8/20 μs



Key

1 Surge current generator 8/20 μ s

2 Filter

3 Supply

1) If the RCBO has an earthing terminal, it shall be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the RCBO or, that failing, to any phase terminal.

Figure 29 – Test circuit for the surge current test at RCBOs

Annex A (normative)

Test sequence and number of samples to be submitted for certification² purposes

A.1 Test sequences

The tests are made according to Table A.1, the tests in each sequence being carried out in the order indicated.

Table A.1 – Test sequences

Test sequence	Clause or subclause	Test (or inspection)
A ₁	6	Marking
	8.1.1	General
	8.1.2	Mechanism
	9.3	Indelibility of marking
	8.1.3	Clearances and creepage distances (external parts only)
	8.1.6	Non-interchangeability
	9.11	Trip-free mechanism
	9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
	9.5	Reliability of terminals for external conductors
	9.6	Protection against electric shock
	9.14	Resistance to heat
	8.1.3	Clearance and creepage distances (internal parts)
	9.25	Resistance to rusting
A ₂	9.15	Resistance to abnormal heat and to fire
B	9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
	9.7.7.5 ^a	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
	9.7.1	Resistance to humidity
	9.7.2	Insulation resistance of the main circuit
	9.7.3	Dielectric strength of the main circuit
	9.7.4	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
	9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
	9.7.5	Secondary circuit of detection transformers
	9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits
	9.8	Temperature-rise
	9.22.2	Reliability at 40 °C
	9.23	Ageing of electronic components

² The term “certification” denotes either a Declaration of Conformity by the manufacturer, or a Third Party Certification, e.g. by an independent testing station.

Test sequence		Clause or subclause	Test (or inspection)
C	C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (and 9.12.12)	Mechanical and electrical endurance Performance at reduced short-circuit currents (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
	C ₂	9.12.11.2.2 (and 9.12.12)	Short-circuit test for verifying the suitability of RCBOs for use in IT systems (Verification of the RCBO after short-circuit tests)
D ₀		9.9.1	Operating characteristics under residual current conditions
D ₁		9.17 9.19 9.12.13 9.16	Behaviour in case of failure of the line voltage Behaviour in case of surge currents Performance at $I_{\Delta m}$ Test device
E ₀		9.9.2	Overcurrent operating characteristics
E ₁		9.13 9.12.11.3 (and 9.12.12)	Resistance to mechanical shock and impact Short-circuit performance at 1 500 A
F ₀		9.12.11.4 b) (and 9.12.12)	Performance at service short-circuit capacity
F ₁		9.12.11.4 c) (and 9.12.12.2)	Performance at rated short-circuit capacity
G		9.22.1	Reliability (climatic tests)
H ^{ab}		IEC 61543 ³ Table 4 -T1.1 IEC 61543 Table 4 -T1.2 IEC 61543 Table 5 -T2.3	Harmonics, inter harmonics Signalling voltages Conducted unidirectional transients of the ms and μ s time scale
I		IEC 61543 Table 5 -T2.1 IEC 61543 Table 5 -T2.5 IEC 61543 Table 5 -T2.2	Conducted sine-wave form voltages or currents Radiated electromagnetic field Fast transients (bursts)
J		IEC 61543 Table 5 - T2.6 IEC 61543 Table 6 -3.1	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz Electrostatic discharges
^a This test may be done on separate samples. ^b For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.			

A.2 Number of samples to be submitted for full test procedure

If one current rating and one residual operating current rating of one type (number of poles, instantaneous tripping) of RCBO only is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test series are those indicated in Table A.2 where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.2 pass the tests the compliance with the standard is met. If only the minimum number given in the third column pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

³ Reference is made to IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 and Amendment 2:2005.

For RCBOs having only one rated current but more than one residual operating current, two separate sets of samples shall be submitted to each test sequence, one adjusted to the highest residual operating current, the other adjusted to the lowest residual operating current.

Table A.2 – Number of samples for full test procedure

Test sequence	Number of samples	Minimum number of accepted samples ^{a, b}	Number of samples for repeated tests ^c
A ₁	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C ₁	3	2 ^d	3
C ₂	3	2 ^d	3
D	3	2 ^d	3
E	3	2 ^d	3
F ₀	3	2 ^d	3
F ₁	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a In total a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all test results must be acceptable.

^d Except for tests of 9.12.10, 9.12.11.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 and 9.12.13, as appropriate, which all samples shall pass.

^e At the manufacturer's request, the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

A.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of RCBOs of the same fundamental design

A.3.1 If a range of RCBOs of the same fundamental design or additions to such a range of RCBOs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Tables A.3, A.4 and A.5.

NOTE For the purposes of this annex, the term "same fundamental design" covers a range of RCBOs having a series of rated currents (I_N), a series of rated residual operating currents ($I_{\Delta N}$) and different numbers of poles.

RCBOs can be considered to be of the same fundamental design if all of the following conditions are met:

- 1) they have the same basic design; voltage dependent types and voltage independent types shall not occur together in the same range;
- 2) the residual current operating means have identical tripping mechanisms and identical relays or solenoids except for the variations permitted in c) and d) below;
- 3) the materials, finish and dimensions of the internal current-carrying parts are identical other than the variations detailed in a) below;
- 4) the terminals are of similar design (see b) below);
- 5) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- 6) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;

- 7) the moulding and insulating materials are identical;
- 8) the method, materials and construction of the extinction device are identical;
- 9) the basic design of the residual current sensing device is identical, for a given type of characteristic, other than the variations permitted in c) below;
- 10) the basic design of the residual current tripping device is identical except for the variations permitted in d) below;
- 11) the basic design of the test device is identical except for the variations permitted in e) below.

The following variations are permitted provided that the RCBOs comply in all other respects with the requirements detailed above:

- a) cross-sectional area of the internal current-carrying connections and lengths of the toroid connections;
- b) size of terminals;
- c) number of turns and cross-sectional area of the windings and the size and material of the core of the differential transformer;
- d) the sensitivity of the relay and/or the associated electronic circuit, if any;
- e) the ohmic value of the means to produce the maximum ampere-turns necessary to conform to the tests of 9.16. The circuit may be connected across phases or phase to neutral.

A.3.2 For RCBOs of the same classification according to the method of operation (4.1), the behaviour in presence of d.c. components (4.6) and the same classification according to time-delay (4.7), having different current rating and rated residual operating current, the number of samples to be tested may be reduced, according to Table A.3.

Table A.3 – Number of samples for simplified test procedure

Test sequence	Number of samples according to number of poles ^{a, g}		
	2 poles ^{b, c}	3 poles ^{d, f, j}	4 poles ^e
A ₁	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
A ₂	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
B	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
C	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D ₀ + D ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D ₀	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$ with max. I_n		
E ₀ + E ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
E ₀	1 ⁱ for all other ratings of I_n with min. $I_{\Delta n}$		
F ₀	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
F ₁	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$	3 min. rating I_n max. rating $I_{\Delta n}$
G	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	3 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
H ^k	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
I	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
J	3 ^h samples of the same rating I_n chosen at random min. rating $I_{\Delta n}$		
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test all test results must be acceptable.			
^b If only 3-pole or 4-pole RCBOs are submitted, this column shall also apply to a set of samples with the smallest number of poles.			
^c Also applicable to 1-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 2-pole RCBOs with 1 protected pole.			
^d Also applicable to 3-pole RCBOs with 2 protected poles.			
^e Also applicable to 3-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 4-pole RCBOs with 3 protected poles.			
^f This column is omitted when 4-pole RCBOs have been tested.			
^g If only one value of $I_{\Delta n}$ is submitted, min. rating $I_{\Delta n}$ and max. rating $I_{\Delta n}$ are replaced by $I_{\Delta n}$.			
^h Only the highest number of current paths.			
ⁱ For this sequence only the test of 9.9.2 is required.			
^j If a 3-pole RCBO with 4 current paths and a 4-pole RCBO are submitted, then only the 4-pole RCBO is tested, with exception of the test of 9.8 of test sequence B for which both types are submitted to the test.			
^k If the requirement to test max. rating I_n and minimum rating $I_{\Delta n}$ does not cover all the possible range of RCBOs, the minimum $I_{\Delta n}$ shall in any case be chosen for the test.			

A.3.3 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1 and tested according to A.3.2, but of a different instantaneous tripping class according to 4.11, being subsequently submitted for tests, the additional sequences may be reduced according to Table A.4, the number of samples being taken from Table A.3.

Table A.4 – Test sequences for RCBOs having different instantaneous tripping currents

RCBO type tested first	Test sequences for other RCBO types		
	B-type	C-type	D-type
B-type	–	$(E_0 + E_1) + F$	$(E_0 + E_1) + F$
C-type	$E_0^a + B^a$	–	$(E_0 + E_1) + F$
D-type	$E_0^a + B^a$	$E_0^a + B^{a, b}$	–
^a For this sequence only the tests of 9.8 and 9.9.2.2 are required. ^b When certification is requested at the same time for B-type, C-type and D-type RCBOs having the same rated short-circuit capacity, only test sequence E_0 is required if B-type and D-type samples have been tested.			

A.3.4 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1, and tested according to A.3.2, but of a different time-delay classification according to 4.7, subsequently submitted for tests, the additional number of samples and sequences shall be as given in Table A.3, except that sequences A, B, and E_0 may be omitted.

A.3.5 For a sub-range of RCBOs of the same fundamental design as those described in A.3.1, and tested according to A.3.2, but of a different classification according to behaviour due to d.c. components (according to 4.6), subsequently submitted for tests, the additional number of samples and sequences may be reduced according to Table A.5.

Table A.5 – Test sequences for RCBOs of different classification according to 4.6

Test sequence	Number of samples according to the number of poles ^a		
	2-poles ^{b, c}	3-poles ^{d, f}	4-poles ^e
$D_0 + D_1$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$	1 max. rating I_n min. rating $I_{\Delta n}$
D_0	1 for all other ratings of $I_{\Delta n}$ with max. I_n		
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test all test results must be acceptable. ^b If only 3-pole or 4-pole RCBOs are submitted, this column shall also apply to a set of samples with the smallest number of poles. ^c Also applicable to 1-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 2-pole RCBOs with 1 protected pole. ^d Also applicable to 3-pole RCBOs with 2 protected poles. ^e Also applicable to 3-pole RCBOs with uninterrupted neutral and to 4-pole RCBOs with 3 protected poles ^f This column is omitted when 4-pole RCBOs have been tested.			

Annex B (normative)

Determination of clearances and creepage distances

B.1 General

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

B.2 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances be not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

B.3 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

B.4 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in IEC 60664-1:2007, 6.2 (see also Example 11 in Figure B.1).

B.5 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

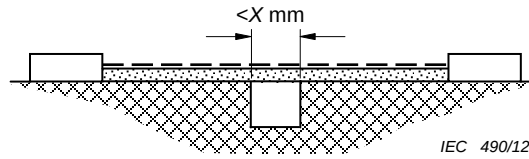
If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in Figure B.1. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

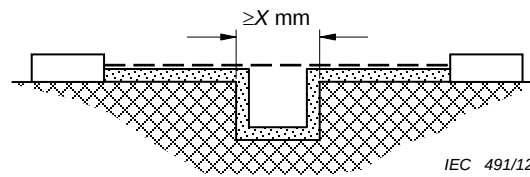
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

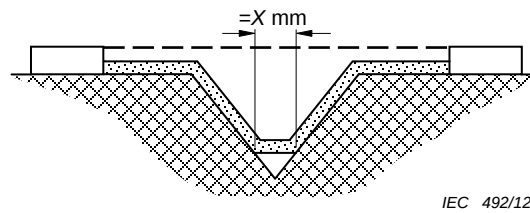
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with a width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

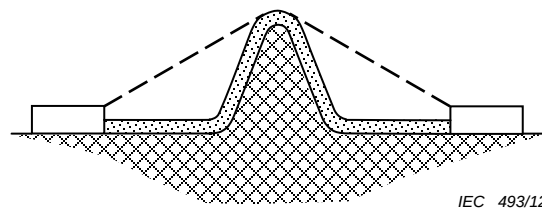
Example 3



Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

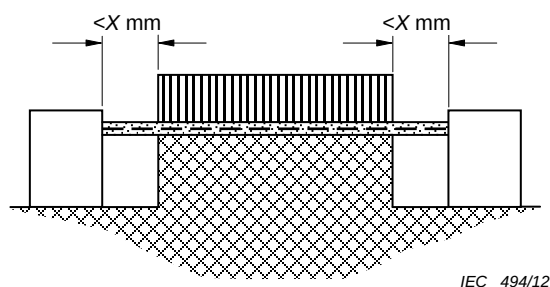


Clearance



Creepage distance

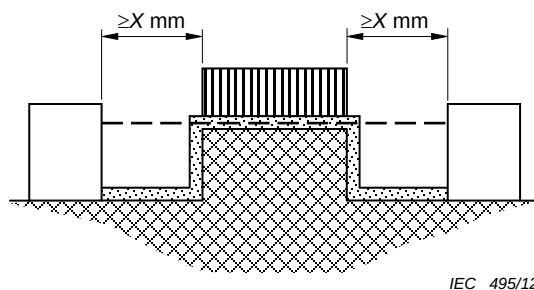
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

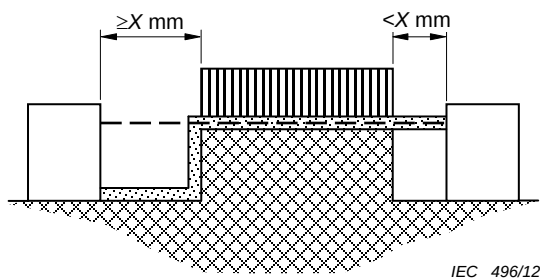
Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

Example 7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

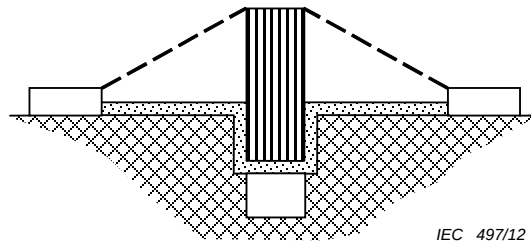


Clearance



Creepage distance

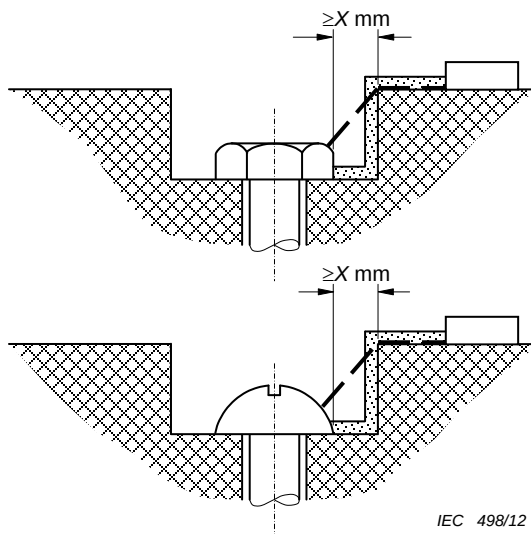
Example 8



Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

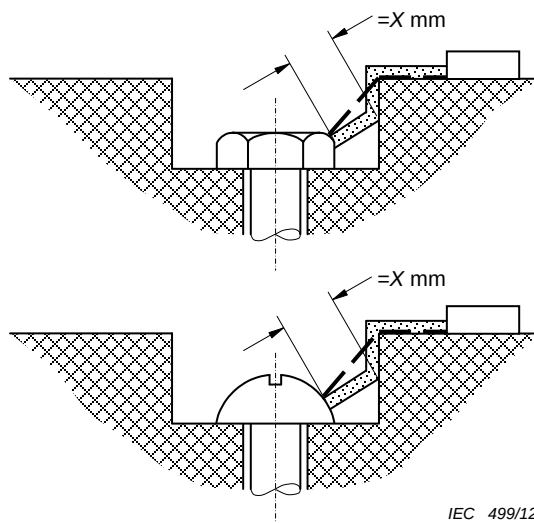
Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10



Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

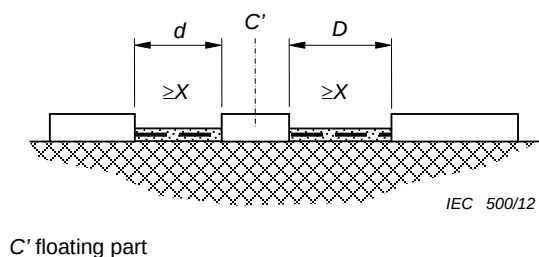


Clearance



Creepage distance

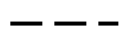
Example 11



C' floating part

Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$



Clearance



Creepage distance

Figure B.1 – Examples of methods of measuring creepage distances and clearances

Annex C (normative)

Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests

The device under test is mounted as shown in Figure C.1, which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instructions.

When required (i.e. during "O" operations), a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) mm thick, of a size at least 50 mm larger, in each direction, than the overall dimensions of the front face of the device but not less than 200 mm × 200 mm, is fixed and reasonably stretched in a frame, placed at a distance of 10 mm from

- either the maximum projection of the operating means of a device without recess for the operating means,
- or the rim of a recess for the operating means of a device with recess for the operating means.

The sheet should have the following physical properties:

Density at 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$

Melting-point: 110 °C – 120 °C.

When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in Figure C.1, between the arc vent and the polyethylene sheet to prevent damage of the sheet due to hot particles emitted from the arc vent.

When required, a grid (or grids) according to Figure C.2 is (are) placed at a distance of "a" mm from each arc vent side of the device.

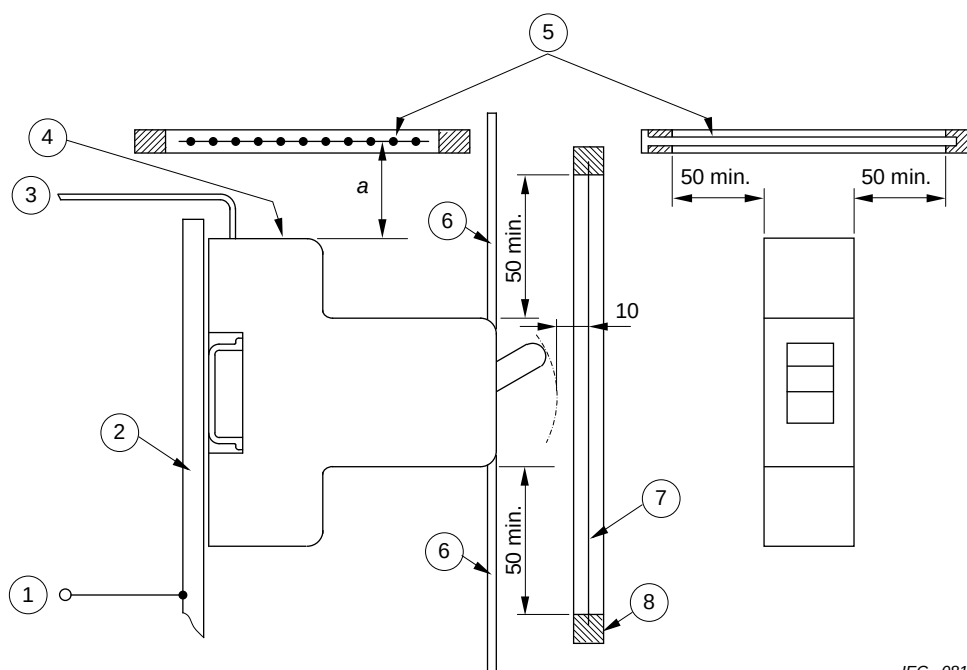
The grid circuit (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C (see Figures 7 or 8, as applicable).

The parameters for the grid circuit are as follows:

Resistor R': 1,5 Ω

Copper wire F': length 50 mm, and diameter as required in 9.12.9.1.

Dimensions in millimetres



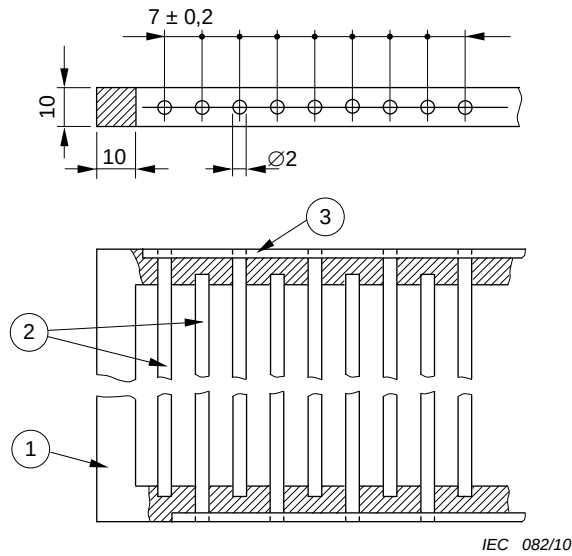
IEC 081/10

Key

- 1 To the fuse F
- 2 Metal plate
- 3 Cable
- 4 Arc vent
- 5 Grid
- 6 Barrier
- 7 Polyethylene sheet
- 8 Frame

Figure C.1 – Test arrangement

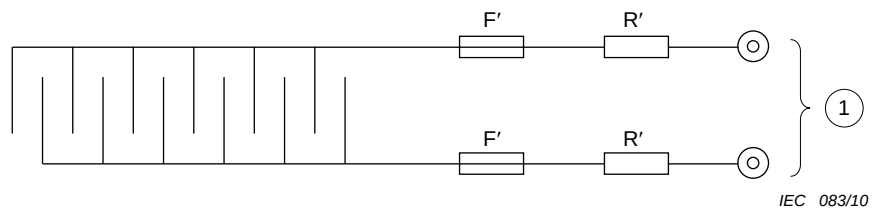
Dimensions in millimetres



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure C.2 – Grid



Key

- 1 Connected to points B and C (See Figure 7 or 8, as applicable)

Figure C.3 – Grid circuit

Annex D (normative)

Routine tests

D.1 General

The tests specified in this standard are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture.

In general, further tests have to be made to ensure that every RCBO conforms with the samples that withstood the tests of this standard, according to the experience gained by the manufacturer.

D.2 Tripping test

A residual current is passed through each pole of the RCBO in turn. The RCBO shall not trip at a current less than or equal to $0,5 I_{\Delta n}$, but it shall trip at $I_{\Delta n}$ within a specified time (see Table 2).

The test current shall be applied at least five times to each RCBO and shall be applied at least twice to each pole.

D.3 Electric strength test

A voltage of substantially sine-wave form of 1 500 V having a frequency of 50 Hz/60 Hz is applied for 1 s as follows:

- a) with the RCBO in the open position, between the terminals which are electrically connected together, when the RCBO is in the closed position;
- b) for RCBOs not incorporating electronic components, with the RCBO in the closed position, between each pole in turn and the others connected together;
- c) for RCBOs incorporating electronic components, with the RCBO in the open position, either between all incoming terminals of poles in turn or between all outgoing terminals of poles in turn, depending on the position of the electronic components.

No flashover or breakdown shall occur.

D.4 Performance of the test device

With the RCBO in the closed position, and connected to a supply at the appropriate voltage, the test device, when operated, shall open the RCBO.

Where the test device is intended to operate at more than one value of rated voltage, the test shall be made at the lowest value of rated voltage.

Annex E (normative)

Special requirements for auxiliary circuits for safety extra-low voltage

Subclause 8.1.3 – Clearance and creepage distances

The following note applies to Table 7:

NOTE 1 Live parts of auxiliary circuits intended to be connected to safety extra-low voltages shall be separated from circuits of higher voltages in accordance with the requirements of 414.4.3 of IEC 60364-4-41:2005.

Subclause 9.7.4 – Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

Add the following under item b):

NOTE A test for circuits intended for connection to safety extra-low voltage is under consideration.

Add the following to the notes that follow item c):

NOTE 5 The values of the test voltages for circuits intended for connection to safety extra-low voltage are under consideration.

Annex F (normative)

Coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit

The information given in Annex D of IEC 60898-1:2002 to ensure coordination between circuit-breakers and separate fuses associated in the same circuit may also be applicable to ensure coordination between RCBOs and separate fuses associated in the same circuit.

Annex G

(normative)

Additional requirements and tests for RCBOs consisting of a circuit-breaker and a residual current unit designed for assembly on site

G.1 General

The main body of this standard applies in all respects to devices covered by this annex, unless otherwise specified.

G.2 Scope

This annex applies to RCBOs consisting of a circuit-breaker complying with the requirements of IEC 60898-1 and a residual current unit complying with the appropriate requirements of this standard where applicable, designed for assembly on site, in accordance with the manufacturer's instructions.

G.3 Definitions

Add the following definition to Clause 3 of this standard:

3.3.23

residual current unit

device performing simultaneously the functions of detection of the residual current and of comparison of the value of this current with the residual operating value, and incorporating the means of operating the tripping mechanism of a circuit-breaker with which it is designed to be assembled

G.4 Marking and other product information

G.4.1 Manufacturer's name or trade mark

With reference to Clause 6 item a) of this standard, the circuit-breaker and the r.c. unit with which it is to be assembled shall bear the same manufacturer's name or trade mark.

G.4.2 Marking

G.4.2.1 Marking of the circuit-breaker

Marking of the circuit-breaker shall be in accordance with IEC 60898-1.

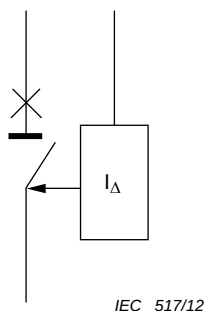
G.4.2.2 Marking of the r.c. unit

The r.c. unit shall be marked with the following items, with reference to Clause 6 of this standard:

a), b), c), e), f), g), k), m), n), q) and, if necessary, l).

In addition the r.c. unit shall be marked with

- the maximum rated current of the circuit-breaker with which it may be assembled (e.g. 63 A max.)
- the symbol



G.4.2.3 Marking of the assembled circuit-breaker and r.c. unit (RCBO)

The following marking on the r.c. unit specified in G.4.2.2 shall not be visible after assembly:

- c)
- maximum rated current of the circuit-breaker with which the r.c. unit may be assembled;

Marking l) of the r.c. unit, if applicable, shall remain visible after assembly.

G.4.3 Instructions for assembly and operation

The manufacturer shall provide adequate instructions with the r.c. unit.

These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings, number of poles, etc. of the circuit-breakers with which the r.c. unit is designed to be assembled;

NOTE The number of paths of the RCBO corresponds to the number of paths of the r.c. unit. A neutral terminal or link may take the place of the neutral pole of a circuit-breaker.

- derating factor(s), if any;
- need for checking operation after assembly to verify the mechanical operation;
- verification of the tripping operation by use of test button.

G.5 Constructional requirements

G.5.1 General

The design shall be such that it shall be possible to assemble the RCBO on site.

Design may be such that the device may be disassembled on site in accordance with the manufacturer's instructions.

For devices declared not suitable for disassembling, the disassembly shall leave permanent visible damage.

Compliance is checked according to G.6.4.

G.5.2 Degree of protection

The degree of protection of the r.c. unit shall be no less than that of the circuit-breaker with which it is to be assembled.

G.5.3 Mechanical requirements

The circuit-breaker and the r.c. unit shall fit together readily in the correct manner, and the design shall be such as to prevent an incorrect assembly.

There shall be no loose parts for coupling the tripping mechanisms.

Fixing means for assembly shall be captive.

NOTE Terminal covers, if any, are not covered by this requirement.

G.5.4 Electrical compatibility

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated voltage with an r.c. unit of a lower rated voltage.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated current with an r.c. unit of a lower maximum current marking (see G.4.2.2).

The terminals of the r.c. unit shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in Table 5 of IEC 60898-1:2002 for the rated currents of the circuit-breakers with which it is designed to be assembled.

The electrical interconnections between the r.c. unit and the circuit-breaker with which it is to be assembled shall form part of the r.c. unit.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker of a given rated short-circuit capacity with an r.c. unit so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by inspection and manual test.

G.6 Type tests and verifications

G.6.1 Tests on circuit-breakers

The circuit-breakers shall comply with the type tests of IEC 60898-1.

G.6.2 Tests on r.c. units

The r.c. units shall comply with the following type tests specified in Table 12 of this standard: tests of 9.3, 9.4, 9.5, 9.11 (if applicable), 9.14 and 9.15.

G.6.3 Tests on assembled circuit-breaker and r.c. unit (RCBO)

The type tests specified in Table 12 of this standard apply to RCBOs covered by this annex except as follows:

- 9.3, 9.5, 9.9.2.3, 9.14 and 9.15 do not apply;
- 9.4: tests shall be made on the interconnections between the circuit-breaker and the r.c. unit;
- 9.12 applies with the exception of 9.12.11.3 unless $I_{cn} = 1\,500\text{ A}$, and of 9.12.11.4 b).
- Conventional non tripping current $1,13\text{ In}$ shall be replaced everywhere by In .

G.6.4 Verification of marking and constructional requirements of RCBOs

Compliance with the requirements of G.4.1, G.4.2, G.4.3, G.5.1, G.5.2, G.5.3 and G.5.4 shall be checked by inspection and manual test, as applicable.

For devices declared suitable to be disassembled, compliance with the requirements of G.5.1 is checked by the following test to be performed at the beginning of test sequence D_0 in Table A.1.

The number of samples shall be in accordance with test sequence D_0+D_1 in Table A.3.

The r.c. unit and compatible circuit-breakers as declared by the manufacturer have to be assembled and disassembled five times. The r.c. unit and the compatible circuit breaker are then reassembled and used for the test of test sequence D_0 . After each assembly the correct operation of the combination shall be verified by using the test button. The RCBO shall trip each time.

G.7 Routine tests on the r.c. unit

Annex D applies, but the tests shall be made on the r.c. units in association with a test circuit-breaker adjusted to the most onerous conditions.

Annex H (informative)

Void

Annex IA (informative)

Methods for determination of short-circuit power-factor

There is no uniform method by which the short-circuit power-factor can be determined with precision. Two examples of acceptable methods are given in this annex.

Method I – Determination from d.c. components

The angle φ may be determined from the curve of the d.c. component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

The formula for the d.c. component is:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where

- i_d is the value of d.c. components at the instant t ;
- i_{do} is the value of the d.c. component at the instant taken as time origin;
- L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;
- t is the time, in seconds, taken from the initial instant;
- e is the base of the Neperian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- a) measure the value of i_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before the contact separation;
- b) determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- c) from a table of values of e^{-x} determine the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- d) the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

Determine the angle φ from:

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

Method II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase-angle between the voltage and current of the test generator, from which the power-factor can be determined.

Annex IB (informative)

Glossary of symbols

Rated current	I_n
Residual current	I_{Δ}
Rated residual operating current	$I_{\Delta n}$
Rated residual non-operating current	$I_{\Delta no}$
Rated voltage	U_n
Rated operational voltage	U_e
Rated insulation voltage	U_i
Rated making and breaking capacity	I_m
Rated short-circuit capacity	$I_{\Delta m}$
Rated conditional short-circuit current	I_{nc}
Rated conditional residual short-circuit current	$I_{\Delta c}$
Limiting value of the line voltage at which an RCBO functionally dependent on line voltage still operates	U_{χ}
Limiting value of the line voltage below which an RCBO functionally dependent on line voltage opens automatically	U_y

Annex IC (informative)

Examples of terminals

In this annex some examples of designs of terminals are given. The conductor location shall have a diameter suitable for accepting solid rigid conductors and a cross-sectional area suitable for accepting rigid stranded conductors (see 8.1.5).

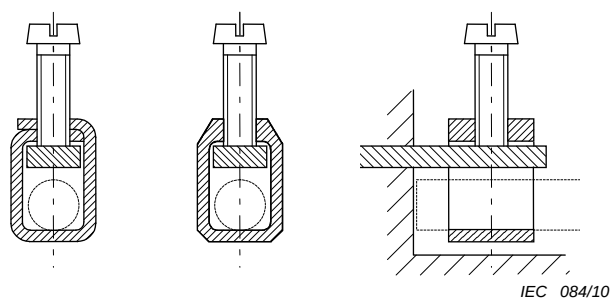


Figure IC.1a – Terminals with stirrup

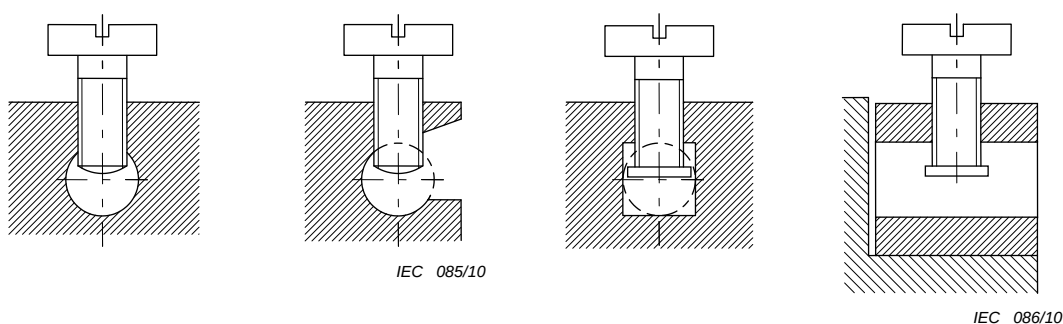


Figure IC.1b – Terminals without pressure plate

Figure IC.1c – Terminals with pressure plate

NOTE The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw may be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure IC.1 – Examples of pillar terminals

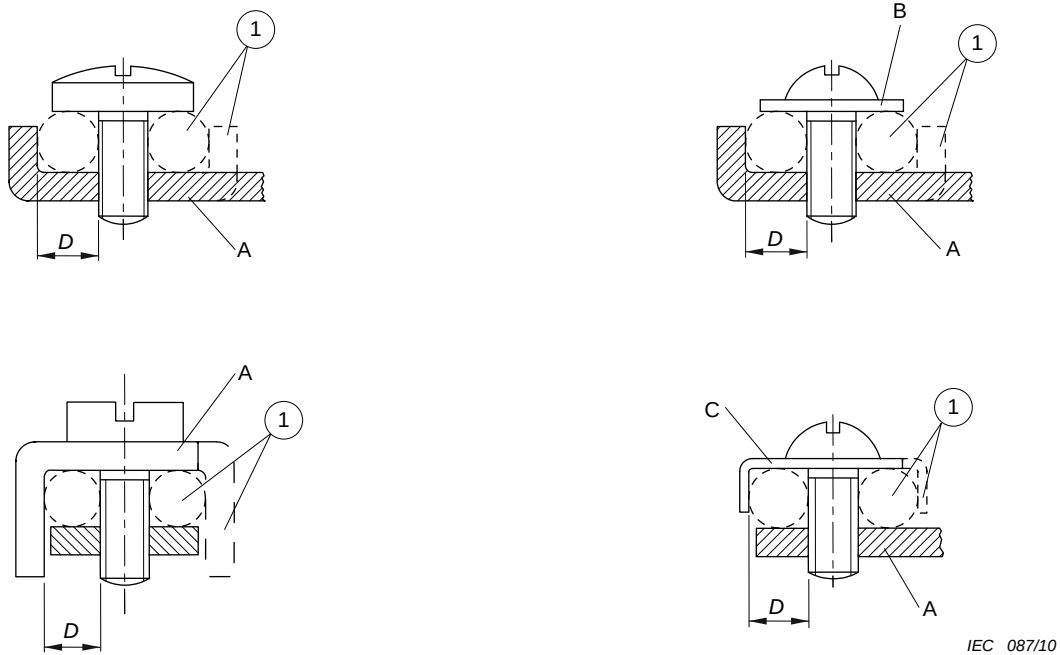


Figure IC.2a – Screw terminals

Screw not requiring washer or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate
or anti-spread device



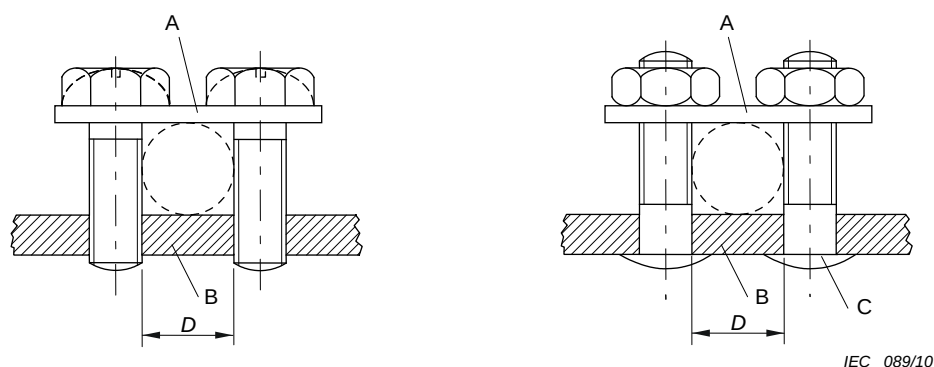
Figure IC2b – Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position may be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure IC.2 – Example of screw terminals and stud terminals

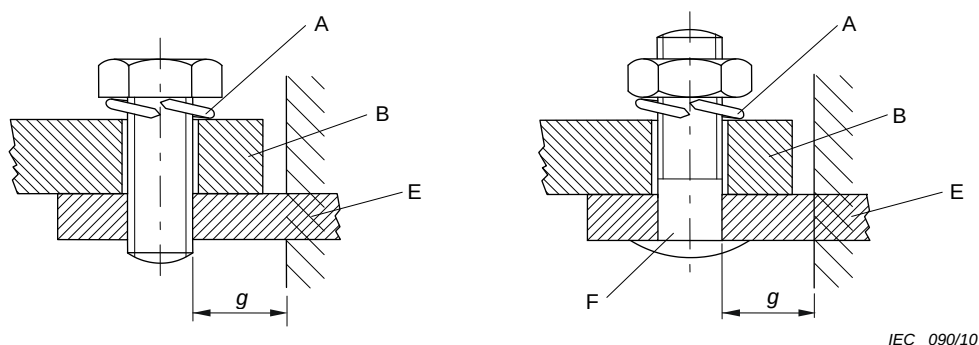


Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle may be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle. The terminals may have more than two clamping screws or studs.

Figure IC.3 – Example of saddle terminals



Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

For this type of terminal a spring washer or equally effective locking means shall be provided and the surface within the clamping area shall be smooth. For certain types of equipment the use of lug terminals of sizes smaller than that required is allowed.

Figure IC.4 – Examples of lug terminals

Annex ID
(informative)**Correspondence between ISO and AWG copper conductors**

ISO sizes mm ²	AWG	
	Size	Cross-sectional area mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

In general, ISO sizes apply.

Upon request of the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex IE (informative)

Follow-up testing programme for RCBOs

IE.1 General

In order to guarantee the maintenance of the quality level of products, follow-up inspection procedures on the manufacturing process have to be set by the manufacturers.

This annex gives an example of follow-up procedure to be applied when manufacturing RCBOs.

It may be used as a guide by manufacturers for adapting their specific procedures and organization aimed at keeping the required quality level of the product output.

In particular any provision of the supplying follow-up as well as the manufacturing follow-up may be taken to guarantee the quality of the manufactured products on which the safe operation of the residual current device depends.

IE.2 Follow-up testing programme

The follow-up testing programme includes two series of tests.

IE.2.1 Quarterly follow-up testing programme

See Table IE.1, test sequence Q.

IE.2.2 Annual follow-up testing programme

See Table IE.1, test sequences Y1 to Y3.

NOTE The annual follow-up testing may be combined with the quarterly follow-up testing.

Table IE.1 – Test sequences during follow-up inspections

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Q	9.16	Test device	Items b) and c) only, except for the verification of the test circuit ampere turns
	9.9.1.2 a)	Residual operating characteristics	
	9.9.1.2 c)	Residual operating characteristics	
Y1	9.9.1.2 f)	Residual operating characteristics	
	9.7	Test of dielectric properties	
	9.10	Mechanical and electrical endurance	
Y2	9.22.1	Reliability (climatic test)	
Y3	9.23	Resistance to ageing	

IE.2.3 Sampling procedure

IE.2.3.1 Quarterly testing programme

For the purpose of the quarterly testing programme the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspection or stopping of the production is considered depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied:

- Stay at normal level
When normal inspection is applied, normal level is maintained if all six samples pass the test sequence (see Table IE.2, sequence Q). If five samples pass the test sequence, the subsequent inspection is made one month only after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.
- Normal to tightened
When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when four samples only pass the test sequence.
- Normal to production stop
When normal inspection is applied and less than four samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.
- Tightened to normal
When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when at least 12 samples pass the test sequence (see Table IE.2).
- Stay at tightened level
When, being at tightened level, 10 or 11 samples only pass the test sequence, the tightened level is maintained and the subsequent inspection is made one month after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.
- Tightened to production stop
In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when less than 10 samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.
- Restart production
The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be under tightened inspection conditions.

IE.2.3.2 Annual testing programme

For the purpose of the annual testing programme the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspections are considered, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied.

– Stay at the normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all samples pass the test sequence. If two samples pass the test sequence Y1 and no failure occurs during the test sequences Y2 and Y3, the subsequent inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when either:

- only one sample passes the sequence Y1;
- or one failure occurs during any one of test sequences Y2 or Y3.

The subsequent inspection shall be effected within three months of the preceding one, at tightened level for any test sequence in which the failure occurred and at normal level for the other test sequences.

– Normal to production stop

When normal inspection is applied and no sample passes the test sequence Y1, or more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when:

- at least five samples pass the test sequence Y1; and
- no failure occurs during the test sequence Y2 or Y3.

– Stay at tightened level

When, being at tightened level, four samples only pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the tightened level is maintained and the following inspection is made three months after the preceding one, with the same number of samples and the same test sequences.

– Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when during one annual inspection one of the following failures occurs:

- less than four samples pass the test sequence Y1;
- more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3;

the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be under tightened inspection conditions.

IE.2.4 Number of samples to be tested

The numbers of samples for the various inspection levels are given in Table IE.2.

Table IE.2 – Number of samples to be tested

Inspection sequence	Number of samples for normal inspection	Number of samples for tightened inspection
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 each	6 each

Out of each series of RCBOs of the same fundamental design only one set of samples need be tested, irrespective of the ratings.

For the purpose of this follow-up testing programme, RCBOs are considered to be of the same fundamental design, if they belong to the same classification according to 4.1, and

- the residual current operating means have identical tripping mechanism and identical relay or solenoid, except for:
 - the number of turns and cross-sectional area of the windings;
 - the sizes and material of the core of the differential transformer;
 - the rated residual current; and
- the electronic part, if any, is of the same design and uses the same components except for variations as to achieve different $I_{\Delta n}$.

Annex J (normative)

Particular requirements for RCBOs with screwless type terminals for external copper conductors

J.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of Clause 1, equipped with screwless terminals, for current not exceeding 20 A primarily suitable for connecting unprepared (see J.3.6) copper conductors of cross-section up to 4 mm².

NOTE 1 In AT, CZ, DE, DK, NL, NO and CH the upper limit of current for use of screwless terminals is 16 A.

In this annex, screwless terminals are referred to as terminals and copper conductors are referred to as conductors.

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned, applies, without modification.

J.2 Normative references

Clause 2 applies.

J.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following definitions apply:

J.3.1 **clamping units**

parts of the terminal necessary for mechanical clamping and the electrical connection of the conductors including the parts which are necessary to ensure correct contact pressure

J.3.2 **screwless-type terminal**

terminal for the connection and subsequent disconnection obtained directly or indirectly by means of springs, wedges or the like

Note 1 to entry: Examples are given in Figure J.2

J.3.3 **universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (rigid and flexible)

Note 1 to entry: In the following countries only universal screwless type terminals are accepted: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE and CH.

J.3.4 **non-universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only (e.g. rigid-solid conductors only or rigid-[solid or stranded] conductors only)

J.3.5 **push-wire terminal**

non-universal terminal in which the connection is made by pushing-in rigid (solid or stranded) conductors

J.3.6**unprepared conductor**

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed over a certain length for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor the shape of which is arranged for introduction into a terminal or of which the strands may be twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

Note 2 to entry: The term "unprepared conductor" means conductor not prepared by soldering of the wire, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but includes its reshaping before introduction into the terminal or, in the case of flexible conductor, by twisting it to consolidate the end.

J.4 Classification

Clause 4 applies.

J.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

J.6 Marking and other product information

In addition to Clause 6, the following requirements apply:

Universal terminals:

- no marking.

Non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors shall be marked by the letters "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors shall be marked by the letter "r";
- terminals declared for flexible conductors shall be marked by the letter "f".

The markings should appear on the RCBO or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

An appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal shall be shown on the RCBO.

The manufacturer shall also provide information, in his literature, on the maximum number of conductors which may be clamped.

J.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

J.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following modifications.

In 8.1.5, only 8.1.5.1, 8.1.5.2, 8.1.5.3, 8.1.5.6 and 8.1.5.7 apply.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2 of this annex, instead of 9.4 and 9.5.

In addition the following requirements apply.

J.8.1 Connection or disconnection of conductors

The connection or disconnection of conductors shall be made

- by the use of a general purpose tool or by a convenient device integral with the terminal to open it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductors (e.g. for universal terminals);

or, for rigid conductors

- by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull on the conductor shall be necessary (e.g. for push-wire terminals).

Universal terminals shall accept rigid (solid or stranded) and flexible unprepared conductors.

Non-universal terminals shall accept the types of conductors declared by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.2 Dimensions of connectable conductors

The dimensions of connectable conductors are given in Table J.1.

The ability to connect these conductors shall be checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

Table J.1 – Connectable conductors

Connectable conductors and their theoretical diameter									
Metric					AWG				
Rigid			Flexible		Rigid			Flexible	
	Solid	Stranded				Solid ^{a)}	Class B stranded ^{a)}		Classes I, K, M, stranded ^{b)}
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, and ICEA publications S-19-81, S-66-524 and S-68-516.									
^{a)} Nominal diameter + 5 %.									
^{b)} Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K and M.									

J.8.3 Connectable cross-sectional areas

The nominal cross-sections to be clamped are defined in Table J.2.

**Table J.2 – Cross-sections of copper conductors
connectable to screwless-type terminals**

Rated current A	Nominal cross-sections to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 up to and including 2,5
Above 13 up to and including 20	1,5 up to and including 4

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.4 Insertion and disconnection of conductors

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by inspection.

J.8.5 Design and construction of terminals

Terminals shall be so designed and constructed that:

- each conductor is clamped individually;
- during the operation of connection or disconnection the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- inadequate insertion of the conductor is avoided.

It shall be possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided for.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.6 Resistance to ageing

The terminals shall be resistant to ageing.

Compliance is checked by the test of J.9.3.

J.9 Tests

Clause 9 applies, by replacing 9.4 and 9.5 by the following tests:

J.9.1 Test of reliability of screwless terminals

J.9.1.1 Reliability of screwless system

The test is carried out on three terminals of poles of new samples, with copper conductors of the rated cross sectional area in accordance with Table J.2. The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

The connection and subsequent disconnection shall be made five times with the smallest diameter conductor and successively five times with the largest diameter conductor.

New conductors shall be used each time, except for the fifth time, when the conductor used for the fourth insertion is clamped at the same place. Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors shall be re-shaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

For each insertion, the conductors are either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After each insertion, the conductor being inserted is rotated 90 ° along its axis at the level of the clamped section and subsequently disconnected.

After these tests, the terminal shall not be damaged in such a way as to impair its further use.

J.9.1.2 Test of reliability of connection

Three terminals of poles of new samples are fitted with new copper conductors of the type and of the rated cross sectional area according to Table J.2.

The types of conductors shall be in accordance with J.8.1.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

It shall be possible to fit the conductor into the terminal without undue force in the case of universal terminals and with the force necessary by hand in the case of push-wire terminals.

The conductor is either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After the test, no wire of the conductor shall have escaped outside the terminal.

J.9.2 Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength

For the pull-out test three terminals of poles of new samples are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to Table J.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

Each conductor is then subjected to a pull force of the value shown in Table J.3. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

Table J.3 – Pull forces

Cross-sectional area mm ²	Pull force N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

During the test the conductor shall not slip out of the terminal.

J.9.3 Cycling test

The test is made with new copper conductors having cross section according to Table 13.

The test is carried out on new samples (a sample is one pole), the number of which is defined below, according to the type of terminals:

- universal terminals for rigid (solid and stranded) and flexible conductors: 3 samples each (6 samples in total);
- non-universal terminals for solid conductors only: 3 samples;
- non-universal for rigid (solid and stranded) conductors: 3 samples each (6 samples);

NOTE In case of rigid conductors, solid conductors should be used (if solid conductors are not available in a given country, stranded conductors may be used).

- non-universal for flexible conductors only: 3 samples.

A conductor having the cross section defined in Table 13 is connected in series as in normal use to each of the three samples as defined on Figure J.1.

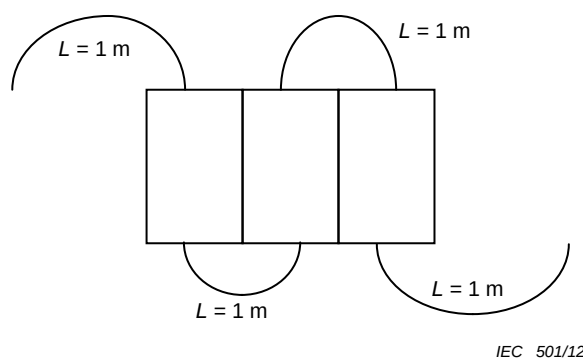


Figure J.1 – Connecting samples

The sample is provided with a hole (or equivalent) in order to measure the voltage drop on the terminal.

The whole test arrangement, including the conductors, is placed in a heating cabinet which is initially kept at a temperature of $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

To avoid any movement of the test arrangement until all the following voltage drop tests have been completed it is recommended that the poles are fixed on a common support.

Except during the cooling period, a test current corresponding to the rated current of the circuit breaker is applied to the circuit.

The samples shall be then subjected to 192 temperature cycles, each cycle having a duration of approximately 1 h, as follows:

The air temperature in the cabinet is raised to 40°C in approximately 20 min. It is maintained within $\pm 5^\circ\text{C}$ of this value for approximately 10 min.

The samples are then allowed to cool down in approximately 20 min to a temperature of approximately 30°C , forced cooling being allowed. They are kept at this temperature for approximately 10 min and, if necessary for measuring the voltage drop, allowed to cool down further, to a temperature of $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

The maximum voltage drop, measured at each terminal, at the end of the 192nd cycle, with the nominal current shall not exceed the smaller of the two following values:

- either 22,5 mV;
- or 1,5 times the value measured after the 24th cycle.

The measurement shall be made as near as possible to the area of contact on the terminal.

If the measuring points cannot be positioned closely to the point of contact, the voltage drop within the part of the conductor between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured.

The temperature in the heating cabinet shall be measured at a distance of at least 50 mm from the samples.

After this test an inspection with the naked eye, by normal or corrected vision, without additional magnification, shall show no changes evidently impairing further use, such as cracks, deformations or the like.

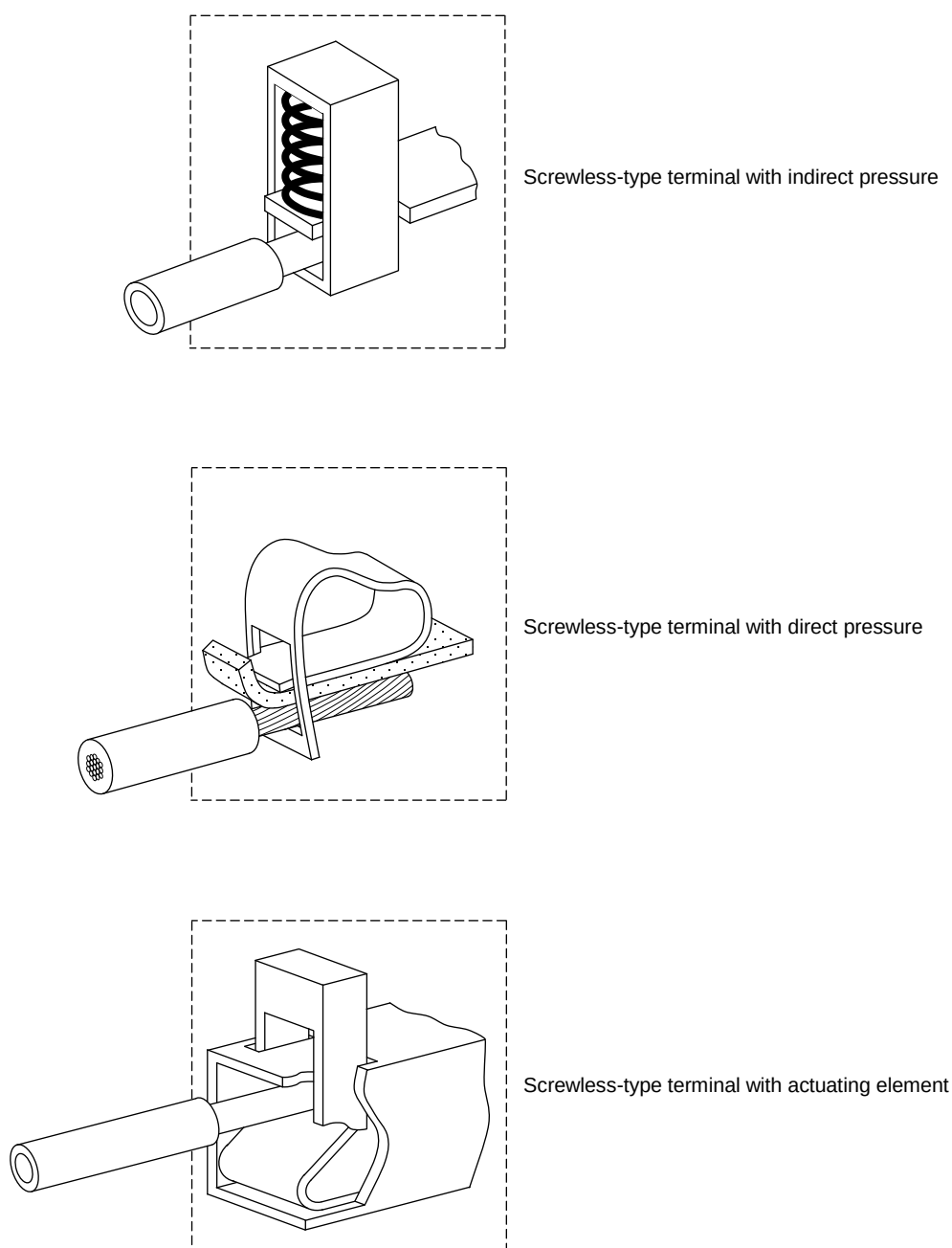


Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals

J.10 Reference documents

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60998-1, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60998-2-2, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999 (all parts), *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units*

ASTM B172-01a, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*

ICEA S-19-81 / NEMA WC3, *Rubber-Insulated Wire and Cable* ⁴

ICEA S-66-524 / NEMA WC7, *Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable* ¹

ICEA S-68-516 / NEMA WC8, *Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable* ⁵

⁴ Withdrawn.

⁵ Withdrawn.

Annex K (normative)

Particular requirements for RCBOs with flat quick-connect terminations

K.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of Clause 1, equipped with flat quick-connect terminations consisting of a male tab (see K.3.2) with nominal width 6,3 mm and thickness 0,8 mm, to be used with a mating female connector for connecting electrical copper conductors according to the manufacturer's instructions, for rated currents up to and including 16 A.

NOTE 1 The use of RCBOs with flat quick-connect terminations for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, ES, PT and US.

The connectable electrical copper conductors are flexible, having a cross-sectional area up to and including 4 mm², or rigid stranded, having a cross-sectional area up to and including 2,5 mm² (AWG equal to or greater than 12).

This annex applies exclusively to RCBOs having male tabs as an integral part of the device.

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned applies without modification.

K.2 Normative references

As a complement to Clause 2, the following normative reference applies:

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

K.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following definitions apply:

K.3.1

flat quick-connect termination

electrical connection consisting of a male tab and a female connector which can be pushed into and withdrawn with or without the use of a tool

K.3.2

male tab

portion of a quick-connect termination which receives the female connector

K.3.3

female connector

portion of a quick-connect termination which is pushed onto the male tab

K.3.4

detent

dimple (depression) or hole in the male tab which engages a raised portion on the female connector to provide a latch for the mating parts.

K.4 Classification

Clause 4 applies.

K.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

K.6 Marking and other product information

The whole of Clause 6 applies, with the following addition after the lettered item k).

The following information regarding the female connector according to IEC 61210 and the type of conductor to be used shall be given in the manufacturers' instructions:

- l) manufacturer's name or trade mark;
- m) type reference;
- n) information on cross-sections of conductors and colour code of insulated female connectors (see Table K.1 below);
- o) the use of only silver or tin-plated copper alloys.

Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor

Cross-section of the conductor mm ²	Colour code of the female connector
1	Red
1,5	Red or blue
2,5	Blue or yellow
4	Yellow

K.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

K.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following exceptions:

Replace the contents of 8.1.3 by the following text:

K.8.1 Clearances and creepage distances (see also Annex B)

Subclause 8.1.3 applies, the female connectors being fitted to the male tabs of the RCBO.

Replace the contents of 8.1.5 by the following text:

K.8.2 Terminals for external conductors

K.8.2.1 Male tabs and female connectors shall be of a metal having mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

NOTE Silver or tin plated copper alloys are examples of suitable solutions.

K.8.2.2 The nominal width of the male tab is 6,3 mm and the thickness 0,8 mm, applicable to rated currents up to and including 16 A.

NOTE 1 The use for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, PT, ES and US.

The dimensions of the male tab shall comply with those specified in Table K.3 and in figures K.2, K.3, K.4 and K.5, where the dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N and Q are mandatory.

The dimensions of the female connector which may be fitted-on are given in Figure K.6 and in Table K.4.

NOTE 2 The shapes of the various parts may deviate from those given in the figures, provided that the specified dimensions are not influenced and the test requirements are complied with, for example: corrugated tabs, folded tabs, etc.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

K.8.2.3 Male tabs shall be securely retained.

Compliance is checked by the mechanical overload test of K.9.1.

K 9 Tests

Clause 9 applies, with the following modifications:

Replace the contents of 9.5 by the following text:

K.9.1 Mechanical overload-force

This test is done on 10 terminals of RCBOs, mounted as in normal use when wiring takes place.

The axial push force, and successively the axial pull force specified in the following Table K.2, are gradually applied to the male tab integrated in the RCBO, once only with a suitable test apparatus.

Table K.2 – Overload test forces

Push N	Pull N
96	88

No damage which could impair further use shall occur to the tab or to the RCBO in which the tab is integrated.

Add the following text to 9.8.3:

Fine-wire thermocouples shall be placed in such a way as not to influence the contact or the connection area. An example of placement is shown in Figure K.1.

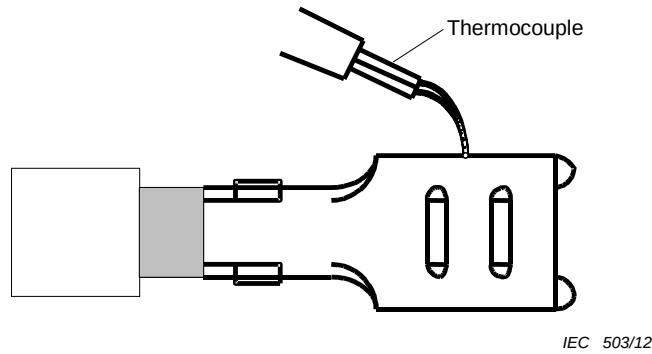
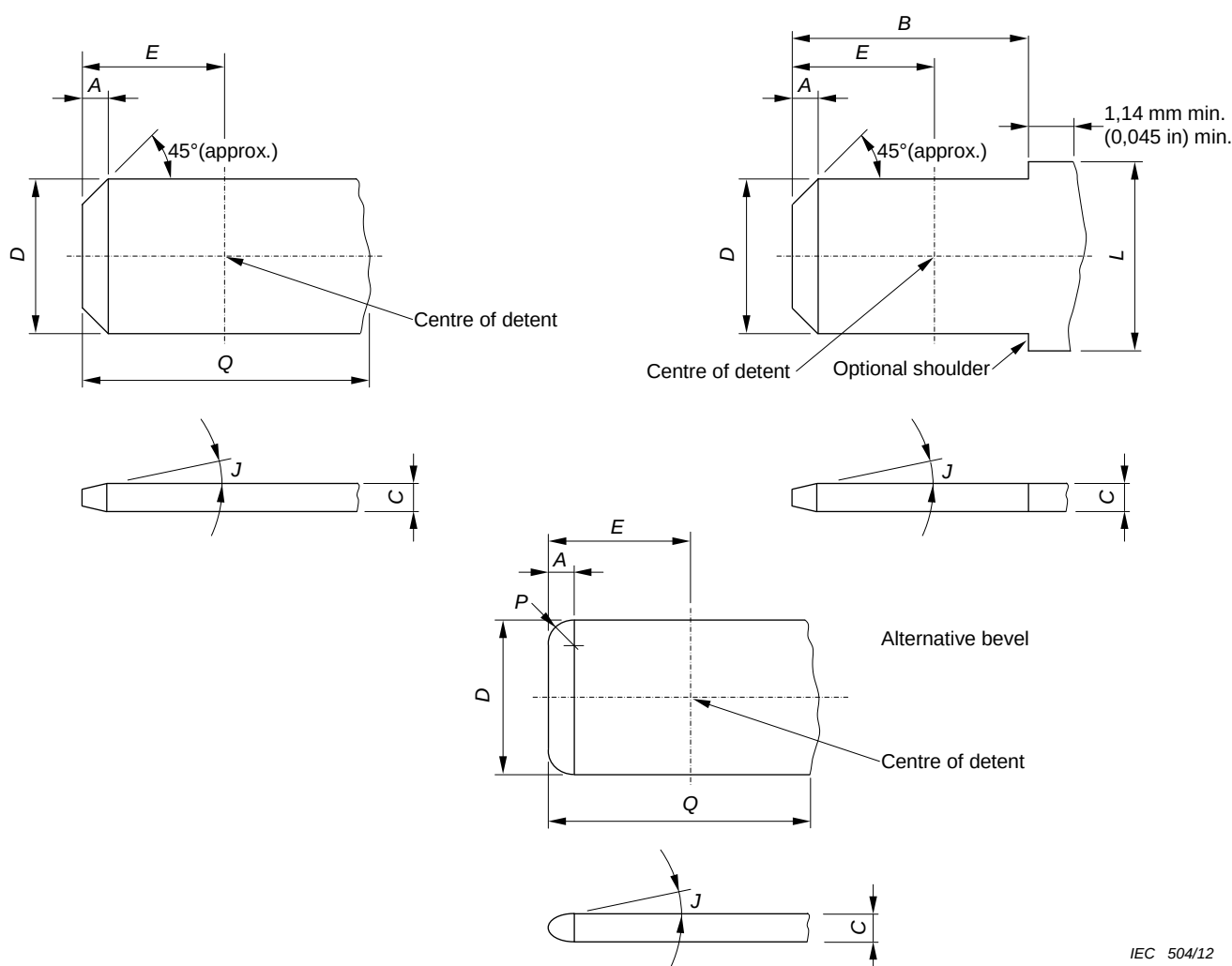


**Figure K.1 – Example of position of the thermocouple
for measurement of the temperature-rise**

Table K.3 – Dimensions of tabs

Nominal size mm		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Dimple	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12 °	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8 °	2,2	1,8	0,7	8,9
	Hole	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12 °			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8 °			0,7	8,9
NOTE 1 For the dimensions A to Q refer to Figures K.2 to K.5.												
NOTE 2 Where two values are shown in one column, they give the maximum and the minimum dimension.												



IEC 504/12

NOTE 1 Bevel A of 45 ° need not be a straight line if it is within the confines shown.

NOTE 2 Dimension L is not specified and may vary by the application (for example fixing).

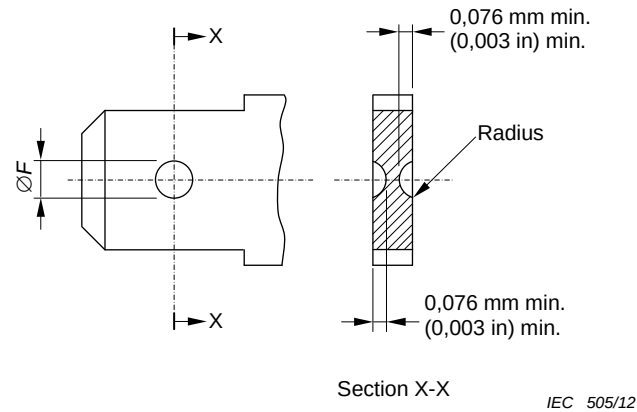
NOTE 3 Dimension C of tabs can be produced from more than one layer of material provided that the resulting tab complies in all respects with the requirements of this standard. A radius on the longitudinal edge of the tab is permissible.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except with regard to the dimensions shown.

NOTE 5 The thickness C of the male tab may vary beyond Q or beyond B + 1,14 mm (0,045 in)

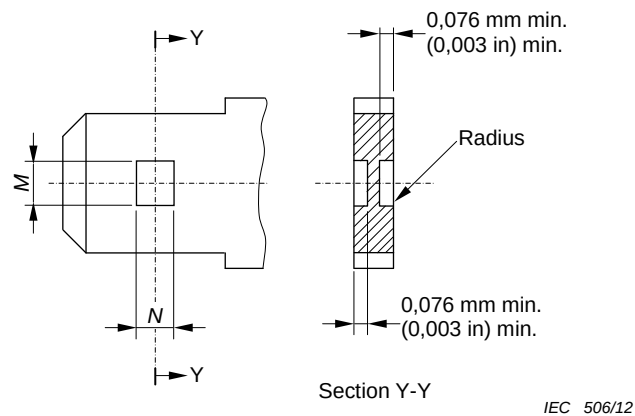
NOTE 6 All portions of the tabs are flat and free of burrs or raised plateaus, except that there may be a raised plateau over the stock thickness of 0,025 mm (0,001 in) per side, in an area defined by a line surrounding the detent and distant from it by 1,3 mm (0,051 in).

Figure K.2 – Dimensions of male tabs



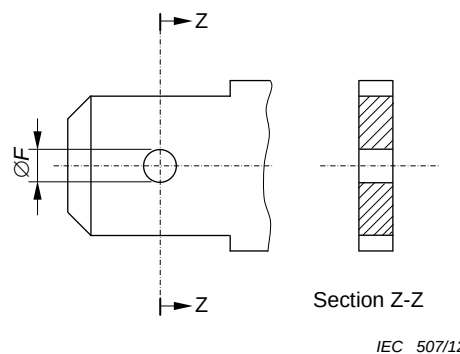
Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)



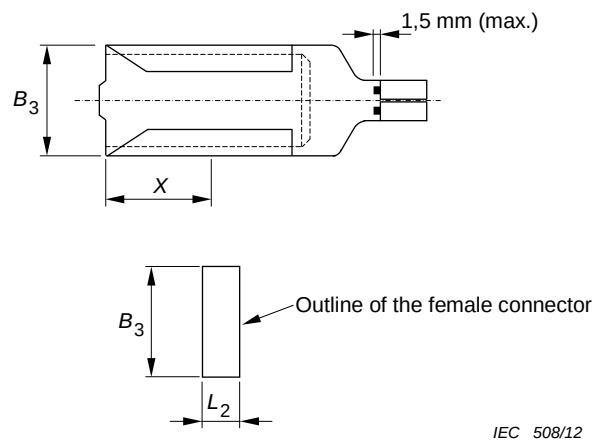
Detent shall be located within 0,13 mm (0,005 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)



Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.5 – Dimensions of hole detents



Dimensions B_3 and L_2 are mandatory.

NOTE 1 For determining female connector dimensions varying from B_3 and L_2 it is necessary to refer to the tab dimensions in order to ensure that in the most onerous conditions the engagement (and detent, if fitted) between tab and female connector is correct.

NOTE 2 If a detent is provided, the dimension X is at manufacturer's discretion in order to meet the requirements of the performance clauses.

NOTE 3 Female connectors should be so designed that undue insertion of the conductor into the crimping area is visible or prevented by a stop in order to avoid any interference between the conductor and a fully inserted tab.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except as regards the dimensions shown.

Figure K.6 – Dimensions of female connectors

Table K.4 – Dimensions of female connectors

Tab size mm	Dimensions of female connector mm	
	B_3 max	L_2 max
6,3 × 0,8	7,8	3,5

K.10 Reference documents

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

Annex L (normative)

Specific requirements for RCBOs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors

L.1 Scope

This annex applies to RCBOs within the scope of this standard, equipped with screw-type terminals of copper – or of alloys containing at least 58 % of copper (if worked cold) or at least 50 % of copper (if worked otherwise), or of other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable – for use with untreated aluminium conductors, or with screw-type terminals of aluminium material for use with copper or aluminium conductors.

In this annex, copper-clad and nickel-clad aluminium conductors are considered as aluminium conductors.

NOTE 1 In AT, AU and DE, the use of aluminium screw-type terminals for use with copper conductors is not allowed.

- In Austria, Switzerland and Germany, terminals for aluminium conductors only are not allowed.
- In Spain, the use of aluminium conductors is not allowed for final circuits in household and similar installations e.g. offices, shops..
- In Denmark, the minimum cross-sectional area for aluminium conductors is 16 mm².

NOTE 2 The numbering in this annex follows that of the main body of the text. Hence, the numbering is not necessarily continuous. Any content which is not explicitly mentioned, applies, without modification.

L.2 Normative references

Clause 2 applies with the following addition:

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

L.3 Definitions

As a complement to Clause 3, the following additional definitions apply for the purpose of this annex.

L.3.1 treated conductor

contact area of a conductor that has had its oxide layer on the outside strands scraped away and/or has had a compound added to improve connectability and/or prevent corrosion

L.3.2 untreated/unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor, the shape of which is arranged for introduction into a terminal or the strands of which are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

L.3.3

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotentiality point and uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

L.3.4

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit. It enables the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined

L.3.5

stability factor S_f

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

L.4 Classification

Clause 4 applies.

L.5 Characteristics of RCBOs

Clause 5 applies.

L.6 Marking and other product information

In addition to Clause 6, the following requirements apply:

The terminal marking defined in Table L.1 shall be marked on the RCBO, near the terminals.

The other information concerning the number of conductors, the screw torque values (if different from Table 14) and the cross-sections shall be indicated on the RCBO.

Table L.1 – Marking for terminals

Conductor types accepted	Marking
Copper only	None
Aluminium only	Al
Aluminium and copper	Al/Cu

The manufacturer shall state in his catalogue that, for the clamping of an aluminium conductor the tightening torque shall be applied with appropriate means.

L.7 Standard conditions for operation in service and for installation

Clause 7 applies.

L.8 Requirements for construction and operation

Clause 8 applies, with the following exceptions:

Add the following text at the end of 8.1.5.2:

For the connection of aluminium conductors, RCBOs shall be provided with screw-type terminals allowing the connection of conductors having nominal cross-sections as shown in Table L.2.

Terminals for the connection of aluminium conductors and terminals of aluminium for the connection of copper or aluminium conductors shall have mechanical strength adequate to withstand the tests of 9.4, with the test conductors tightened with the torque indicated in Table 14, or with the torque specified by the manufacturer, which shall never be lower than that specified in Table 14.

Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals

Rated Current ^{a)} A	Range of nominal cross-sections ^{b)} to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 to 4
Above 13 up to and including 16	1 to 6
Above 16 up to and including 25	1,5 to 10
Above 25 up to and including 32	2,5 to 16
Above 32 up to and including 50	4 to 25
Above 50 up to and including 80	10 to 35
Above 80 up to and including 100	16 to 50
Above 100 up to and including 125	25 to 70
^{a)} It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors; the use of flexible conductors is permitted. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm ² up to 10 mm ² be designed to clamp solid conductors only.	
^{b)} Maximum wire sizes of Table 5, increased according to Table D.2 of IEC 61545:1996.	

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-section areas as specified.

8.1.5.4

Replace the text of 8.1.5.4 by the following:

Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection and the tests of L.9.

L.9 Tests

Clause 9 applies, with the following modifications/additions:

For the tests which are influenced by the material of the terminal and the type of conductor that can be connected, the test conditions of Table L.3 are applied.

Additionally the test of L.9.2 is carried out on terminals separated from the RCBO.

Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals

Material of terminals	Material according to 8.1.4.4 a)	Al a)	
Material of conductor (Table L.1)	Al Use Tables L.2 and L.5	Cu Use Tables 8 and 13	Al Use Tables L.2 and L.5
9.4 Reliability of screws	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.1 Pull-out test b)	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.2 Damage of the conductor	Use Tables L.2, L.5 and 14	Use Tables 8, 13 and 14	Use Tables L.2, L.5 and 14
9.5.3 Insertion of the conductor	Use Table L.4	Use Table 16	Use Table L.4
9.8 Temperature rise	Use Table L.5	Use Table 13	Use Table L.5
9.22 Verification of reliability	Use Table L.5	Use Table 13	Use Table L.5
L.9.2 Cycling test	Use Table 14	Use Table 14	Use Table 14
a) Use test sequences A and B and number of samples defined in Annex C. For RCBOs which are able to be connected to Al or Cu conductors, the test sequences and number of samples have to be doubled (one for the Cu conductor and one for the Al conductor)			
b) For the pull-out test of 9.5.1, the value for 70 mm ² wire is under consideration.			

Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters

Metric					AWG				
Rigid			Flexible (copper only)		Rigid			Flexible (copper only)	
S	Solid	Stranded	S			Solid a)	Class B stranded a)		Classes b) I, K, M stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Gauge	Ø mm	Ø mm	Gauge	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^{c)}	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^{c)}	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^{c)}	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228 and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
a) Nominal diameter + 5 %.									
b) Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K, M.									
c) Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.									

L.9.1 Test conditions

Subclause 9.1 applies, except that the Al conductors to be connected are taken from Table L.5.

Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.2 Current cycling test**L.9.2.1 General**

This test verifies the stability of the screw-type terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under accelerated cycling conditions.

This test is carried out on separate terminals.

L.9.2.2 Preparation

The test is performed on four specimens, each one made by a couple of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the RCBO (see examples shown in Figures L.2 to L.6). The screw-type terminals which have been removed from the product shall be attached to the conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as that on which they are mounted on the product. The screw-type terminals shall be fixed to the conducting parts in the same manner (position, torque, etc.) as on the product. If one specimen fails during the test, four other specimens shall be tested and no other failures are admitted.

L.9.2.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure L.1.

Ninety per cent of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 11 shall be used for the test specimens.

The test is carried out with conductors according to Table L.5. The length of the test conductor from the point of entry to the screw-type terminal specimens to the equalizer (see L.3.3) shall be as in Table L.6.

Table L.6 – Test conductor length

Conductor cross section	Conductor wire size	Minimum conductor length
mm ²	AWG	mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section.

The length of the reference conductor shall be approximately at least twice the length of the test conductor.

Each free end of the test and reference conductor(s) not connected to a screw-type terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of an equalizer of the same material as the conductor and of cross section not greater than that given in Table L.7. All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer.

Tool-applied compression type terminations without welding may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer and if the same performance is provided.

Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions

Range of test current A	Maximum cross section mm ²	
	Al	Cu
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

The separation between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or busbar by non-conductive supports so as not to subject the screw-type terminal to a tensile load. Thermal barriers shall be installed midway between the conductors which shall extend $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ widthways and $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ lengthways beyond the screw-type terminals (see Figure L.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C. Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 1 \text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

L.9.2.4 Temperature measurement

Temperature measurements are made by means of thermocouples, using a wire having a cross-section of not more than $0,07 \text{ mm}^2$ (approximately 30 AWG).

For screw-type terminals, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the screw-type terminal, close to the contact interface.

For the reference conductor, the thermocouples shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

Positioning of the thermocouples shall not damage the screw-type terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

The ambient temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately 50 mm × 50 mm, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

L.9.2.5 Test method and acceptance criteria

NOTE 1 Evaluation of performance is based on both the limit of screw-type terminal temperature rise and the temperature variation during the test.

The test loop shall be subjected to 500 cycles of 1 h current-on and 1 h current-off, starting at an a.c. current equal to 1,12 times the test current value determined in Table L.8. Near the end of each current-on period of the first 24 cycles, the current shall subsequently be adjusted to raise the temperature of the reference conductor to 75 °C.

At the 25th cycle the test current shall be adjusted for the last time and the stable temperature shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall be recorded for at least one cycle of each working day, and after approximately 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles.

The temperature shall be measured during the last 5 min of the current-on time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the current-on time shall be extended as necessary to complete such measurements.

After the first 25 cycles the current-off time may be reduced to a time 5 min longer than the time necessary to all terminal assemblies for cooling down to a temperature between ambient temperature T_a and $T_a + 5$ K during the current-off period. Forced-air cooling may be employed to reduce the off time, if acceptable to the manufacturer. In that case it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements is to be determined by subtracting the average temperature deviation D from the 11 values of the temperature deviation d .

The temperature deviation d for the 11 individual temperature measurements is obtained by subtracting the associated reference conductor temperature from the screw-type terminal temperature.

NOTE 2 The value of d is positive if the screw-type temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each screw-type terminal

- the temperature rise shall not exceed 110 K;
- the stability factor S_f shall not exceed ± 10 °C.

An example of calculation for one screw-type terminal is given in Table L.9.

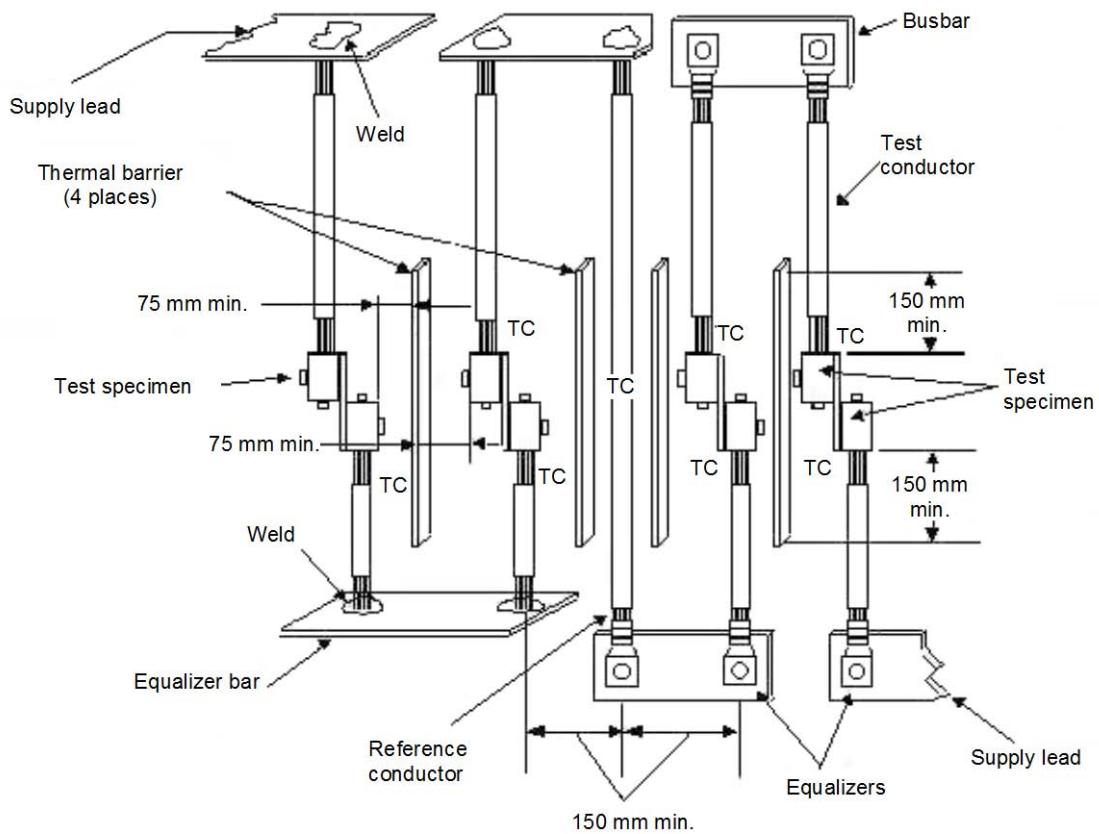
Table L.8 – Test current as a function of rated current

Metric sizes				AWG		
Rated current	Al conductor size	Test current		Rated current	Al conductor size	Test Current
A	mm ²	A		A	N °	A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26		$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35		$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46		$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60		$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79		$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99		$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137		$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171		$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190		$100 < I_n \leq 120$	0	190

Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D

Temperature measurement	Cycle number	Temperatures		Temperature deviation $d = a - b$ K	Stability factor $S_f = d - D$ K
		Screw-type terminal <i>a</i> °C	Reference conductor <i>b</i> °C		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	–0,82
4	100	76	77	–1	–1,82
5	125	77	77	0	–0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	–1	–1,82
10	425	77	79	–2	–2,82
11	500	81	78	3	2,18

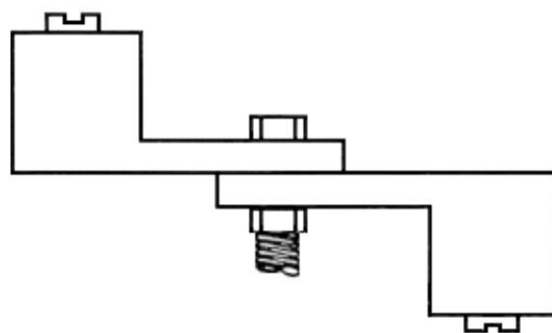
$$\text{Average temperature deviation } D = \frac{\sum d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$$



TC Thermocouple

IEC 509/12

Figure L.1 – General arrangement for the test



IEC 510/12

NOTE The conducting part may be bolted, soldered or welded.

Figure L.2

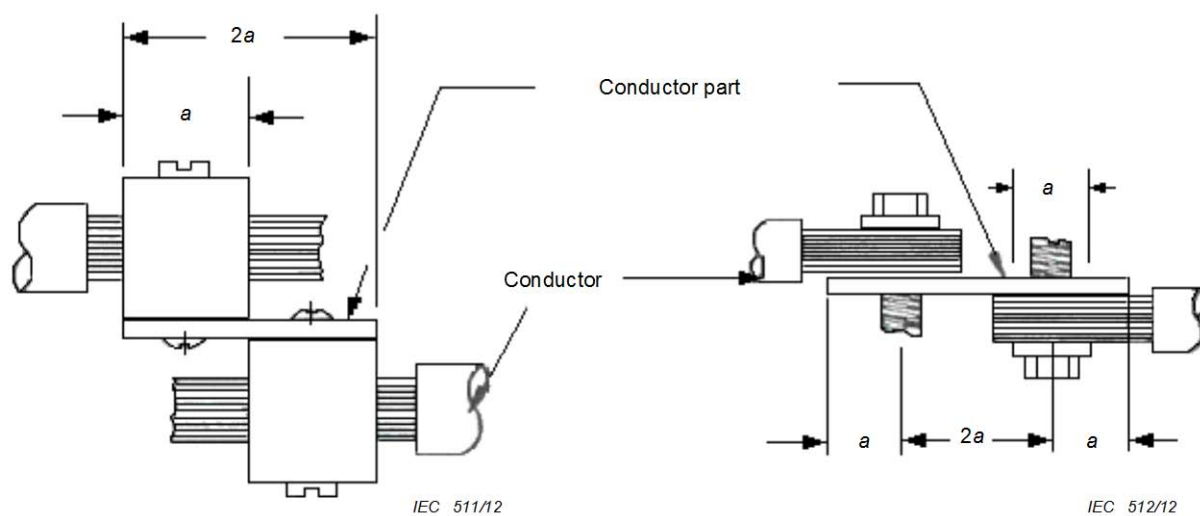


Figure L.3

Figure L.4

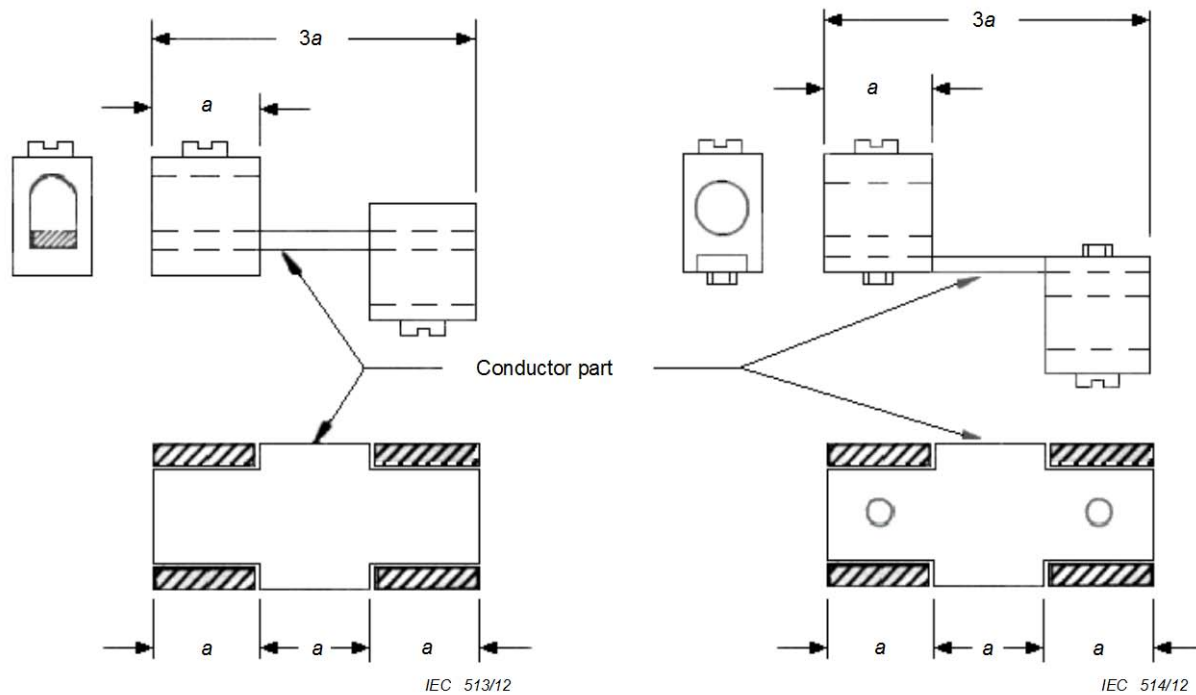


Figure L.5

Figure L.6

Bibliography

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 101: Mathematics*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2008, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing /hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC/TR 60755:1983, *General requirements for residual current operated protective devices*⁶

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60947-12007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 62640, *Residual current devices with or without overcurrent protection for socket-outlets for household and similar uses*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

⁶ The 1983 edition has been cancelled and replaced by IEC 60755:2008.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	182
INTRODUCTION.....	184
1 Domaine d'application.....	185
2 Références normatives	187
3 Termes and définitions	188
3.1 Définitions relatives aux courants circulant des parties actives à la terre	188
3.2 Définitions relatives à l'alimentation d'un DD	188
3.3 Définitions relatives à la commande et aux fonctions des DD	189
3.4 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'alimentation	192
3.5 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'influence.....	196
3.6 Définitions relatives aux bornes	197
3.7 Définitions relatives aux conditions de fonctionnement	198
3.8 Définitions relatives aux éléments constitutifs.....	199
3.9 Définitions relatives aux essais	200
3.10 Définitions relatives à la coordination de l'isolement	201
4 Classification.....	203
4.1 Selon le mode de fonctionnement	203
4.1.1 DD fonctionnellement indépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.8).....	203
4.1.2 DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.9).....	203
4.2 Selon le type d'installation	203
4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant.....	203
4.4 Selon les possibilités de réglage des courants différentiels de fonctionnement.....	203
4.5 Selon la résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de surtension	204
4.6 Selon le comportement en présence de composantes continues	204
4.7 Selon la temporisation (en présence d'un courant différentiel)	204
4.8 Selon la protection contre les influences externes	204
4.9 Selon la méthode de montage.....	204
4.10 Selon le mode de connexion	204
4.11 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.4.18)	204
4.12 D'après la caractéristique I^2t	204
4.13 Selon le type de bornes	205
5 Caractéristiques des DD	205
5.1 Enumération des caractéristiques	205
5.2 Valeurs assignées et caractéristiques	205
5.2.1 Tension assignée.....	205
5.2.2 Courant assigné (I_n).....	206
5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	206
5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	206
5.2.5 Fréquence assignée.....	206
5.2.6 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})	206
5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	206

5.2.8	DD type S	206
5.2.9	Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue.....	207
5.3	Valeurs normales et préférentielles	207
5.3.1	Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)	207
5.3.2	Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n).....	208
5.3.3	Valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)	208
5.3.4	Valeurs normales du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$).....	208
5.3.5	Valeurs préférentielles de la fréquence assignée	208
5.3.6	Valeurs du pouvoir de coupure assigné	208
5.3.7	Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$).....	208
5.3.8	Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non- réponse pour DD de type AC et A.....	209
5.3.9	Plages normales de surintensité de déclenchement instantané	210
5.3.10	Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	210
6	Marquage et autres informations sur le produit	211
7	Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation.....	213
7.1	Conditions normales	213
7.2	Conditions d'installation	214
7.3	Degré de pollution	214
8	Exigences de construction et de fonctionnement	214
8.1	Réalisation mécanique.....	214
8.1.1	Généralités	214
8.1.2	Mécanisme	214
8.1.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B).....	216
8.1.4	Vis, parties transportant le courant et connexions	219
8.1.5	Bornes pour conducteurs externes	219
8.1.6	Non-interchangeabilité	222
8.2	Protection contre les chocs électriques	222
8.3	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	223
8.4	Echauffements	223
8.4.1	Limites d'échauffement	223
8.4.2	Température de l'air ambiant.....	224
8.5	Caractéristiques de fonctionnement	224
8.5.1	En cas de courant différentiel résiduel	224
8.5.2	En cas de surintensité.....	224
8.6	Endurance mécanique et électrique	226
8.7	Tenue aux courants de courts-circuits.....	226
8.8	Résistance aux chocs mécaniques.....	226
8.9	Résistance à la chaleur	226
8.10	Résistance à la chaleur anormale et au feu	226
8.11	Dispositif de contrôle	226
8.12	Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation	227
8.13	Vide	227

8.14	Comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension.....	2276
8.15	Comportement des DD en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue	228
8.16	Fiabilité	228
8.17	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	228
9	Essais	228
9.1	Généralités.....	228
9.2	Conditions d'essais.....	229
9.3	Vérification de l'indélébilité du marquage	230
9.4	Vérification de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions	231
9.5	Vérification de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre	232
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques	233
9.7	Essai des propriétés diélectriques.....	234
9.7.1	Résistance à l'humidité	234
9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal.....	234
9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	235
9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	236
9.7.5	Circuit secondaire des transformateurs de détection	237
9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement	237
9.7.7	Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts.....	237
9.8	Essais d'échauffement.....	241
9.8.1	Température de l'air ambiant.....	241
9.8.2	Procédure d'essai	241
9.8.3	Mesure de la température des différentes parties.....	241
9.8.4	Echauffement d'un élément	241
9.9	Vérification de la caractéristique de fonctionnement	242
9.9.1	Vérification des caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courant résiduel.....	242
9.9.2	Vérification de la caractéristique de fonctionnement dans des conditions de surintensité.....	245
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	246
9.10.1	Conditions générales de l'essai	246
9.10.2	Procédure d'essais.....	246
9.10.3	Etat du DD après les essais	247
9.11	Vérification du mécanisme à déclenchement libre.....	247
9.11.1	Conditions générales d'essai.....	247
9.11.2	Procédure d'essai	247
9.12	Essais de court-circuit	248
9.12.1	Conditions générales d'essai.....	248
9.12.2	Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit	249
9.12.3	Valeur des grandeurs d'essai	250
9.12.4	Tolérances sur les grandeurs d'essai	250
9.12.5	Facteur de puissance du circuit d'essai	250
9.12.6	Mesures et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p).....	251

9.12.7	Etalonnage du circuit d'essai.....	251
9.12.8	Interprétation des enregistrements	251
9.12.9	Etat du DD pour les essais.....	252
9.12.10	Comportement du DD pendant les essais de court-circuit	253
9.12.11	Procédure d'essai	253
9.12.12	Vérification du DD après les essais de court-circuit	257
9.12.13	Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)	257
9.13	Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	258
9.13.1	Secousses mécaniques.....	258
9.13.2	Chocs mécaniques.....	259
9.14	Vérification de résistance à la chaleur.....	261
9.15	Vérification de résistance à la chaleur anormale et au feu	262
9.16	Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	263
9.17	Vérifications du comportement du DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation classé selon le 4.1.2.1, en cas de défaillance de la tension d'alimentation	264
9.17.1	Vérification de la valeur limite de la tension de fonctionnement (U_x)	264
9.17.2	Vérification de l'ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation	264
9.17.3	Vérification du fonctionnement correct en présence d'un courant différentiel pour les DD à ouverture temporisée en cas de défaillance de la tension d'alimentation	265
9.17.4	Vérification du fonctionnement correct d'un DD ayant trois ou quatre voies de courant en présence d'un courant différentiel résiduel, le neutre et une seule des autres voies étant alimentés	265
9.17.5	Vérification de la fonction de refermeture des DD se refermant automatiquement	265
9.18	Vide	265
9.19	Vérification du comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension	265
9.19.1	Essai de tenue à l'onde de courant (essai à l'onde récurrente amortie 0,5 μ s/100 kHz) pour tous les DD	265
9.19.2	Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μ s).....	266
9.20	Vide	266
9.21	Vide	266
9.22	Vérification de la fiabilité.....	266
9.22.1	Essais climatiques	267
9.22.2	Essai à la température de 40 °C	268
9.23	Vérification du vieillissement des composants électroniques.....	269
9.24	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	269
9.24.1	Essais couverts par la présente norme	269
9.24.2	Essais complémentaires.....	269
9.25	Essai de résistance à la rouille.....	270

Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification	291

Annexe B (normative) Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite	297

Annexe C (normative) Disposition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit	302
Annexe D (normative) Essais individuels	305
Annexe E (normative) Exigences particulières pour les circuits auxiliaires pour très basse tension de sécurité	306
Annexe F (normative) Coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit.....	307
Annexe G (normative) Exigences supplémentaires et essais pour les disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur et d'un déclencheur différentiel adaptable destinés à être assemblés sur site	308
Annexe H (informative) Vide	312
Annexe IA (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit	313
Annexe IB (informative) Glossaire des symboles	315
Annexe IC (informative) Exemples de bornes	316
Annexe ID (informative) Correspondance entre les conducteurs ISO et AWG	319
Annexe IE (informative) Programme d'essais de suivi pour les DD	320
Annexe J (normative) Prescriptions particulières pour les DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre	324
Annexe K (normative) Prescriptions particulières pour les DD avec bornes plates à connexion rapide	333
Annexe L (normative) Prescriptions particulières pour DD avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium.....	340
Bibliographie	350
Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.6.10).....	270
Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.6.11)	270
Figure 3 – Doigt d'épreuve articulé (9.6).....	271
Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification	
– des caractéristiques de fonctionnement (9.9.1)	
– du mécanisme à déclenchement libre (9.11)	
– du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (9.17.3 et 9.17.4) pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation	272
Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du DD dans le cas de courant résiduel continu pulsé.....	273
Figure 6 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent de 0,006 A.....	274
Figure 7 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui du 9.12.11.2.2	276
Figure 8 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2	277
Figure 9 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2	277
Figure 10 – Vide	277
Figure 11 – Vide	277
Figure 12 – Vide	277
Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit	278
Figure 14 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.13.1).....	279
Figure 15 – Appareil pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1).....	280

Figure 16 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.13.2.1)	281
Figure 17 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	282
Figure 18 – Exemple de fixation d'un DD ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	283
Figure 19 – Exemple de fixation du DD pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)	284
Figure 20 – Application de la force pour l'essai de choc mécanique du DD pour montage sur rail (9.13.2.2)	285
Figure 21 – Appareil pour l'essai à la bille (9.14.2)	285
Figure 22 – Vide	281
Figure 23 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.22.1.3)	286
Figure 24 – Cycle d'essai de fiabilité (9.22.1.3)	287
Figure 25 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.23)	288
Figure 26 – Onde de courant oscillatoire amortie, 0,5 μ s/100 kHz	288
Figure 27 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie	289
Figure 28 – Onde de courant 8/20 μ s	289
Figure 29 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde de courant	290
Figure B.1 – Exemples de méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement	301
Figure C.1 – Dispositif d'essai	303
Figure C.2 – Grille	304
Figure C.3 – Circuit de grille	304
Figure IC.1 – Exemples de bornes à trou	316
Figure IC.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté	317
Figure IC.3 – Exemples de bornes à plaquettes	318
Figure IC.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes	318
Figure J.1 – Echantillons à raccorder	330
Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis	331
Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement	336
Figure K.2 – Dimensions des languettes	337
Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)	338
Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)	338
Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage	338
Figure K.6 – Dimensions des clips	339
Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai	348
Figure L.2	348
Figure L.3	349
Figure L.4	349
Figure L.5	349
Figure L.6	349

Tableau 1 – Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné	208
Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non- réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) pour DD de type AC et A	209
Tableau 3 – Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) pour DD de type A	210
Tableau 4 – Domaines des surintensités de déclenchement instantané	210
Tableau 5 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.....	211
Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service.....	213
Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales.....	218
Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis	221
Tableau 9 – Valeurs des échauffements	224
Tableau 10 – Caractéristiques opératoires temps-courant.....	225
Tableau 11 – Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation	227
Tableau 12 – Liste des essais de type.....	229
Tableau 13 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés	230
Tableau 14 – Diamètres des filetages et couples à appliquer	231
Tableau 15 – Forces de traction	232
Tableau 17 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires	236
Tableau 19 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc	239
Tableau 20 – Liste des essais de court-circuit	248
Tableau 21 – Domaines des facteurs de puissance pour le circuit d'essai	251
Tableau 22 – Rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{CS}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{CN}) – (facteur k).....	255
Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{CS} dans le cas de DD unipolaires et bipolaires	256
Tableau 24 – Procédure d'essai pour I_{CS} dans le cas de DD tripolaires et tétrapolaires.....	256
Tableau 25 – Procédure d'essai pour I_{CN}	256
Tableau 27 – Essais couverts par la présente norme	269
Tableau 28 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement.....	239
Tableau 29 – Essais à effectuer conformément à la CEI 61453.....	270
Tableau A.1 – Séquences d'essais.....	291
Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essais totale.....	293
Tableau A.3 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essais simplifiée.....	295
Tableau A.4 – Séquences d'essais pour les DD ayant des courants de déclenchement instantanés différents.....	296
Tableau A.5 – Séquences d'essais pour les DD de classifications différentes selon 4.6.....	296
Tableau IE.1 – Séquences d'essais pendant les examens de suivi	320
Tableau IE.2 – Nombre d'échantillons à essayer.....	323
Tableau J.1 – Conducteurs raccordables.....	363
Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis	327
Tableau J.3 – Forces de traction	329
Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur	334
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge	335

Tableau K.3 – Dimensions des languettes	336
Tableau K.4 – Dimensions des clips	339
Tableau L.1 – Marquage des bornes	341
Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium pouvant être connectés aux bornes à vis	342
Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes	343
Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal	343
Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés.....	344
Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai.....	345
Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion	345
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné	347
Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D	347

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES À COURANT
DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL AVEC DISPOSITIF DE PROTECTION
CONTRE LES SURINTENSITÉS INCORPORÉ POUR USAGES
DOMESTIQUES ET ANALOGUES (DD) –****Partie 1: Règles générales****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 61009-1 porte le numéro d'édition 3.2. Elle comprend la troisième édition (2010) [documents 23E/682/FDIS et 23E/686/RVD], son amendement 1 (2012) [documents 23E/741/FDIS et 23E/745/RVD] et son amendement 2 (2013) [documents 23E/796/FDIS et 23E/820/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 61009-1 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de la CEI: Petit appareillage.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- révision complète des séquences CEM, incluant le nouvel essai T.2.6, déjà approuvé dans la CEI 61543;
- clarification des caractéristiques courant/temps des DDR incluses dans les Tableaux 2 et 3;
- révision de la procédure d'essai pour $I_{\Delta n}$ entre 5 A et 200 A;
- essais pour l'emploi des DD dans les systèmes IT;
- procédure d'essai concernant le courant continu 6 mA superposé au courant de défaut;
- des améliorations mettant en relief les DDR avec sensibilité multiple;
- des alignements avec la CEI 60898-1.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61009, présentées sous le titre général *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour installations domestiques et analogues (DD)*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Cette partie comprend les définitions, règles et essais couvrant tous les types de DD. Pour l'applicabilité à un type particulier, cette partie s'applique avec la partie correspondante comme suit:

Partie 2-1: Applicabilité des règles générales aux DD fonctionnellement indépendants de la tension d'alimentation.

Partie 2-2: Applicabilité des règles générales aux DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation.

INTERRUPTEURS AUTOMATIQUES À COURANT DIFFÉRENTIEL RÉSIDUEL AVEC DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITÉS INCORPORÉ POUR USAGES DOMESTIQUES ET ANALOGUES (DD) –

Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

Cette Norme internationale s'applique aux interrupteurs automatiques avec protection contre les surintensités incorporé, à courant différentiel résiduel, fonctionnellement indépendants ou fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, pour installations domestiques et analogues (en abrégé «DD» dans la suite du texte), ayant une tension assignée ne dépassant pas 440 V alternatifs, avec des fréquences assignées de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz et un courant assigné ne dépassant pas 125 A et un pouvoir de coupure ne dépassant pas 25 000 A pour fonctionnement à 50 Hz ou 60 Hz.

Ces appareils sont destinés à la protection des personnes contre les contacts indirects, les parties métalliques accessibles de l'installation étant reliées à une prise de terre de valeur appropriée et à la protection des canalisations contre les surintensités dans les bâtiments et réalisations similaires. Ils peuvent être utilisés pour assurer la protection contre les dangers d'incendie résultant d'un courant de défaut persistant à la terre sans que le dispositif de protection contre les surcharges du circuit n'intervienne.

Les DD de courant différentiel assigné inférieur ou égal à 30 mA sont aussi utilisés comme moyen de protection complémentaire en cas de défaillance des autres moyens de protection contre les chocs électriques.

La présente norme s'applique aux appareils remplissant à la fois les fonctions de détection du courant résiduel, de comparaison de la valeur de ce courant à une valeur de fonctionnement différentiel et d'ouverture du circuit protégé quand le courant différentiel résiduel dépasse cette valeur et réalisant également les fonctions d'établissement, de maintien et de coupure de surintensités dans des conditions spécifiées.

NOTE 1 Le contenu de cette norme en relation avec le fonctionnement dans des conditions de courant différentiel résiduel est basé sur la CEI 61008-1. Le contenu de cette norme en relation avec la protection contre les surintensités est basé sur la CEI 60898-1.

NOTE 2 Les DD sont essentiellement destinés à être mis en œuvre par des personnes non averties et conçus pour ne pas être entretenus. Ils peuvent faire l'objet de certification.

NOTE 3 Les règles d'installations et d'utilisation des DD sont indiquées dans la série de la CEI 60364.

Ils sont destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2.

NOTE 4 Pour des conditions de surtension plus sévères, il convient d'utiliser des disjoncteurs conformes à d'autres normes (par exemple CEI 60947-2).

NOTE 5 Pour des environnements ayant un degré de pollution plus élevé, il convient d'utiliser des enveloppes procurant le degré de protection approprié.

Les DD du type général sont résistants aux déclenchements indésirables y compris les cas où des ondes de surtension (résultant de transitoires de manœuvre ou induites par des coups de foudre) produisent des courants de charge dans l'installation sans qu'il se produise d'amorçage.

Les DD du type S sont considérés comme suffisamment résistants aux déclenchements indésirables même si l'onde de surtension provoque un amorçage et qu'un courant de suite se produit.

NOTE 6 Les parafoudres installés en aval d'un DD de type général et connectés en mode commun peuvent provoquer des déclenchements indésirables.

Les DD sont appropriés pour la fonction de sectionnement.

Les DD conformes à la présente norme, sauf ceux munis d'un neutre non coupé, sont appropriés pour une utilisation en systèmes IT.

Des précautions spéciales (par exemple parasurtenseurs) peuvent être nécessaires lorsque des surtensions excessives sont susceptibles de se produire en amont (par exemple dans le cas d'une alimentation par lignes aériennes) (voir CEI 60364-4-44).

NOTE 7 Une construction spéciale peut être nécessaire pour les DD d'un indice de protection supérieur à IP20.

Cette norme s'applique également aux DD obtenus par l'assemblage d'un dispositif différentiel adaptable et d'un disjoncteur. L'assemblage mécanique doit être effectué en usine par le constructeur ou sur place, les exigences de l'Annexe G devant s'appliquer dans ce dernier cas. Elle s'applique également aux DD ayant plus d'un courant assigné à condition que l'organe de réglage pour le passage d'une valeur discrète à une autre ne soit pas accessible en service normal et que le réglage ne puisse être modifié sans l'aide d'un outil.

Des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires pour les DD de type enfichable.

Des exigences particulières sont nécessaires pour les DD incorporés dans ou destinés seulement à l'association avec des fiches et socles de prises de courant ou des connecteurs à usages domestiques et analogues et s'ils sont destinés à être utilisés à des fréquences supérieures à 50 Hz ou 60 Hz.

Pour les DD incorporés dans, ou destinés seulement aux liaisons avec les socles de prises de courant, les exigences de cette norme peuvent être utilisées, pour autant qu'elles sont applicables, en conjonction avec les exigences de la CEI 60884-1 ou de l'exigence nationale du pays où le produit est mis sur le marché.

NOTE 8 Les DD incorporés dans, ou destinés seulement aux liaisons avec les socles de prises de courant, peuvent répondre soit à la CEI 62640 soit à la présente norme.

NOTE 9 Au Danemark, les fiches et socles de prises de courant doivent être conformes aux exigences du règlement section 107 pour les courants forts.

NOTE 10 Au Royaume Uni, la partie de la fiche associée avec un DD doit être conforme avec la norme BS1363-1 et la (les) prise(s) associée(s) avec un DD doit(doivent) être conformes avec la BS2363-2. Au Royaume Uni, la partie de la fiche et la (les) prise(s) associée(s) avec un DD ne nécessite(nt) pas de conformité avec les exigences de la CEI 60884-1.

La présente norme ne s'applique pas:

- aux DD destinés à la protection des moteurs;
- aux DD dont le réglage du courant peut être obtenu par des organes accessibles à l'utilisateur en service normal.

Les exigences de la présente norme s'appliquent pour des conditions normales d'environnement (voir 7.1). Des exigences complémentaires peuvent être nécessaires pour des DD utilisés dans des locaux présentant de sévères conditions d'environnement.

Les DD comportant des batteries ne sont pas couverts par cette norme.

Un guide pour la coordination des DD avec des coupe-circuits à fusibles est donné dans l'Annexe F.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60060-2:1994, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db:Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-3-4:2001, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide - Essais de chaleur humide*

CEI 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60228:2004, *Âmes des câbles isolés*

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

CEI 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

CEI 60364-5-52:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations²*

CEI 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

2 Une troisième édition est actuellement en préparation.

CEI 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

CEI 61543:1995, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestique et analogues – Compatibilité électromagnétique*

Amendement 1:2004

Amendement 2:2005

CISPR 14-1:2009, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes and définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

Quand les termes «tension» ou «courant» sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces, à moins qu'il n'en soit précisé autrement.

NOTE 1 La référence aux définitions du VEI est également faite lorsque les termes «dispositif» ou «appareil mécanique de connexion» sont remplacés par le terme «DD».

NOTE 2 Un glossaire des symboles figure en Annexe IB.

3.1 Définitions relatives aux courants circulant des parties actives à la terre

3.1.1

courant de défaut à la terre

courant qui s'écoule à la terre lors d'un défaut d'isolement

3.1.2

courant de fuite

courant qui s'écoule des parties actives de l'installation à la terre, en l'absence de tout défaut d'isolement

3.1.3

courant continu pulsé

courant en forme d'onde pulsatoire qui prend, à chaque période de la fréquence assignée, la valeur 0 ou une valeur ne dépassant pas 0,006 A en courant continu pendant un intervalle de temps unique d'au moins 150° exprimé en mesure angulaire électrique

3.1.4

angle α de retard de conduction

intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, pendant lequel le point de départ de la conduction est retardé par commande de phase

3.2 Définitions relatives à l'alimentation d'un DD

3.2.1

grandeur d'alimentation

grandeur électrique d'excitation qui, seule ou en combinaison avec d'autres grandeurs électriques, doit être appliquée à un DD pour qu'il puisse fonctionner dans des conditions spécifiées

3.2.2

grandeur d'alimentation d'entrée

grandeur d'alimentation par laquelle le DD est mis en action, lorsqu'elle est appliquée dans des conditions spécifiées

NOTE Ces conditions peuvent impliquer, par exemple, l'alimentation de certains organes auxiliaires.

3.2.3

courant différentiel résiduel

I_{Δ}

somme vectorielle des valeurs instantanées des courants circulant dans le circuit principal du DD (exprimée en valeurs efficaces)

3.2.4

courant différentiel de fonctionnement

valeur du courant différentiel qui fait fonctionner le DD dans des conditions spécifiées

3.2.5

courant différentiel de non-fonctionnement

valeur du courant différentiel pour laquelle et au-dessous de laquelle le DD ne fonctionne pas dans des conditions spécifiées

3.2.6

courant différentiel résiduel ($I_{\Delta t}$) d'un DD

valeur du courant différentiel résiduel qui est la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D (voir note c de bas de Tableau 2)

3.3 Définitions relatives à la commande et aux fonctions des DD

3.3.1

appareils de connexion

appareil destiné à établir ou à interrompre le courant dans un ou plusieurs circuits électriques

[VEI 441-14-01:1984]

3.3.2

appareil mécanique de connexion

appareil de connexion destiné à fermer et ouvrir un ou plusieurs circuits électriques au moyen de contacts séparables

[VEI 441-14-02:1984, modifiée]

3.3.3

coupe-circuit à fusibles

appareil dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou plusieurs de ses éléments spécialement conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée

[VEI 441-18-01:1984, modifiée]

3.3.4

disjoncteur (mécanique)

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de transporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de transporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre automatiquement des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles de court-circuit

[VEI 441-14-20:1984, modifiée]

3.3.5

interrupteur à courant différentiel résiduel

appareil mécanique de coupure conçu pour établir, supporter et couper des courants dans les conditions de service normales et provoquer l'ouverture des contacts quand le courant différentiel atteint, dans des conditions spécifiées, une valeur donnée

3.3.6

interrupteur différentiel sans protection contre les surintensités incorporée

ID

dispositif de coupure différentiel non conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

3.3.7

interrupteur différentiel avec protection contre les surintensités incorporée

DD

dispositif de coupure différentiel conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

3.3.8

DD fonctionnellement indépendants de la tension d'alimentation

DD pour lesquels les fonctions de détection, évaluation et interruption ne dépendent pas de la tension d'alimentation

NOTE Ces dispositifs sont définis en 2.3.2 de la CEI 60755:1983 comme dispositifs à courant différentiel résiduel sans source auxiliaire.

3.3.9

DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation

DD pour lesquels les fonctions de détection, évaluation ou interruption dépendent de la tension d'alimentation

NOTE 1 Cette définition couvre partiellement la définition des dispositifs à courant différentiel résiduel avec source auxiliaire du 2.3.3 de la CEI 60755:1983.

NOTE 2 Il est entendu que, pour la détection, l'évaluation ou l'interruption, la ligne d'alimentation est celle traversant le DD.

3.3.10

temps de fonctionnement d'un DD

temps qui s'écoule entre l'instant où le courant différentiel de fonctionnement est appliqué soudainement et l'instant de l'extinction de l'arc dans tous les pôles

3.3.11

temps limite de non-réponse

temps maximal pendant lequel on peut appliquer au DD une valeur du courant différentiel supérieure à la valeur du courant différentiel de non-fonctionnement, sans provoquer son fonctionnement

3.3.12

DD temporisé

DD spécialement conçu pour atteindre une valeur prédéterminée du temps limite de non-réponse correspondant à une valeur donnée du courant différentiel

3.3.13

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du DD est assurée

[VEI 441-16-22]

3.3.14

position d'ouverture

position dans laquelle la distance prédéterminée d'isolation entre contacts ouverts dans le circuit principal du DD est assurée

[VEI 441-16-23]

3.3.15

pôle

partie d'un DD exclusivement associée à une voie de courant de son circuit principal, électriquement séparée, équipée de contacts destinés à connecter et déconnecter le circuit principal lui-même et excluant les parties par le moyen desquelles le montage et le fonctionnement simultané des pôles est assuré

3.3.15.1

pôle protégé contre les surintensités

pôle muni d'un déclencheur à maximum de courant, appelé pôle protégé dans la suite du texte

3.3.15.2

pôle non protégé contre les surintensités

pôle sans déclencheur à maximum de courant, mais hormis cela généralement capable des mêmes performances qu'un pôle protégé contre les surintensités du même DD, appelé pôle non protégé dans la suite du texte

NOTE 1 Pour assurer cette exigence, le pôle non protégé peut être de la même construction que le(s) pôle(s) protégé(s) ou d'une construction particulière.

NOTE 2 Si le pouvoir de coupure du pôle non protégé est différent de celui du ou des pôle(s) protégé(s), il convient que ceci soit indiqué par le constructeur.

3.3.15.3

pôle neutre de sectionnement

pôle seulement destiné à couper le neutre et non prévu pour présenter un pouvoir de coupure

3.3.16

neutre non coupé

voie de courant, non coupée et non protégée contre les surintensités, destinée à être raccordée au conducteur neutre de l'installation

3.3.17

circuit principal (d'un DD)

ensemble des parties conductrices d'un DD insérées dans les voies de courant (voir 4.3)

3.3.18

circuit de commande (d'un DD)

circuit (autre qu'une voie du circuit principal) destiné à provoquer la manœuvre de fermeture ou la manœuvre d'ouverture du DD, ou les deux à la fois

NOTE Les circuits destinés au dispositif de contrôle sont inclus dans cette définition.

3.3.19

circuit auxiliaire (d'un DD)

ensemble des parties conductrices d'un DD destinées à être insérées dans un circuit autre que le circuit principal et le circuit de commande du DD

[VEI 441-15-04]

3.3.20

DD type AC

DD pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils croissent lentement

3.3.21

DD type A

DD pour lequel le déclenchement est assuré pour des courants différentiels alternatifs sinusoïdaux et aussi pour des courants différentiels continus pulsés, qu'ils soient appliqués brusquement ou qu'ils augmentent lentement

3.3.22

dispositif de contrôle

dispositif incorporé dans un DD simulant les conditions d'un courant différentiel résiduel pour le fonctionnement du DD dans des conditions spécifiées

3.4 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'alimentation

3.4.1

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée par le constructeur pour un fonctionnement spécifié d'un DD

3.4.2

surintensité

tout courant supérieur au courant assigné

3.4.2.1

surcharge

surintensité apparaissant dans un circuit électriquement sain

NOTE Une surcharge peut provoquer des dommages si elle est maintenue pendant un temps suffisant.

3.4.2.2

courant de court-circuit

surintensité résultant d'un défaut d'impédance négligeable entre des points prévus pour être à des potentiels différents en service normal

NOTE Un courant de court-circuit peut résulter d'un défaut ou d'une connexion incorrecte.

3.4.3

courant présumé

courant qui circulerait dans le circuit si chaque voie de courant principale du DD et du dispositif de protection contre les courts-circuits (s'il y a lieu) était remplacée par un conducteur d'impédance négligeable

NOTE Le courant présumé peut être qualifié de la même façon qu'un courant réel, par exemple: courant présumé coupé, courant de crête présumé, courant présumé résiduel.

3.4.4

courant de crête présumé

valeur de crête du courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

NOTE La définition implique que le courant est établi par un DD idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément d'une valeur infinie à une valeur nulle. Pour les circuits où le courant peut suivre plusieurs chemins différents, par exemple dans les circuits polyphasés, elle implique de plus que le courant soit établi simultanément dans tous les pôles, même si on ne considère que le courant dans un seul pôle.

3.4.5

courant de crête présumé maximal (d'un circuit en courant alternatif)

courant de crête présumé quand l'établissement du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus haute valeur possible

NOTE Pour un DD multipolaire inséré dans un circuit polyphasé, la valeur maximale de crête présumée s'applique uniquement à un unipolaire.

3.4.6

pouvoir de coupure (et de fermeture) en court-circuit

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le DD, par conception peut établir, transporter pendant le temps d'ouverture et interrompre dans des conditions spécifiées

3.4.6.1

pouvoir de coupure limite en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions de fonctionnement prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée ne comprennent pas l'aptitude du DD à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.4.6.2

pouvoir de coupure de service en court-circuit

pouvoir de coupure pour lequel les conditions prescrites suivant une séquence d'essai spécifiée comprennent l'aptitude du DD à être parcouru par un courant égal à 0,85 fois son courant de non-déclenchement pendant le temps conventionnel

3.4.7

courant coupé

courant dans un pôle d'un DD au moment de l'amorçage de l'arc, au cours d'une manœuvre de coupure

[VEI 441-17-07:1984, modifiée]

NOTE Pour le courant alternatif, on se réfère à la valeur efficace.

3.4.8

tension appliquée

tension qui existe entre les bornes d'un pôle d'un DD immédiatement avant l'établissement du courant

[VEI 441-17-24:1984]

NOTE Cette définition s'applique à un DD unipolaire. Pour un DD multipolaire, la tension appliquée est la tension aux bornes d'alimentation du DD.

3.4.9

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes d'un pôle d'un DD après l'interruption du courant

[VEI 441-17-25:1984]

NOTE 1 Cette tension peut être considérée comme comprenant deux intervalles de temps successifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi d'un second intervalle durant lequel la tension à fréquence industrielle existe seule.

NOTE 2 Cette définition s'applique à un DD unipolaire. Pour un DD multipolaire, la tension de rétablissement est la tension aux bornes d'alimentation de l'appareil.

3.4.9.1

tension transitoire de rétablissement

tension de rétablissement tant qu'elle comporte un caractère transitoire appréciable

NOTE La tension transitoire peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et du DD. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre du circuit polyphasé.

[VEI 441-17-26:1985, modifiée]

3.4.9.2

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes de tension transitoire

[VEI 441-17-27:1984]

3.4.10**durée d'ouverture**

durée mesurée à partir de l'instant où, le DD étant en position de fermeture, le courant atteint, dans le circuit principal, la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc dans tous les pôles

NOTE Le temps d'ouverture est communément assimilé au temps de déclenchement, quoique, au sens strict, le temps de déclenchement soit le temps qui s'écoule entre l'instant du commencement du temps d'ouverture et l'instant auquel la commande d'ouverture devient irréversible.

3.4.11**Définitions relatives à la durée d'arc****3.4.11.1****durée d'arc d'un pôle**

intervalle de temps entre l'instant d'allumage de l'arc et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle

[VEI 441-17-37, modifiée]

3.4.11.2**durée d'arc d'un DD multipolaire**

intervalle de temps entre l'instant de l'allumage du premier arc et l'instant de l'extinction finale des arcs dans tous les pôles

[VEI 441-17-38]

3.4.12**temps de coupure** (cas de surintensité)

intervalle de temps entre le début du temps d'ouverture d'un DD et la durée d'arc, en cas de surintensité

[VEI 441-17-39:1984, modifiée]

3.4.13 **I^2t (intégrale de Joule)**

intégrale du carré du courant pendant un intervalle de temps spécifié: (t_0, t_1) :

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

[VEI 441-18-23:1984]

3.4.14**caractéristique I^2t d'un DD**

courbe donnant les valeurs maximales de I^2t en fonction du courant présumé coupé dans des conditions spécifiées de fonctionnement

3.4.15**Coordination entre dispositifs de protection à maximum de courant placés en série****3.4.15.1****courant limite de sélectivité**

I_s

coordonnée du courant de l'intersection entre la caractéristique durée maximale de coupure temps-courant du dispositif de protection côté aval et la caractéristique temps-courant du pré-arc (pour les fusibles) ou du déclenchement (pour les disjoncteurs) de l'autre dispositif de protection

NOTE 1 Le courant limite de sélectivité est une valeur limite du courant:

- en dessous de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif placé côté aval assure son opération de coupure avant que l'autre dispositif ne commence la sienne (c'est-à-dire que la sélectivité est assurée);
- au-dessus de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif placé côté aval ne peut pas assurer son opération de coupure complètement avant que l'autre dispositif ne commence la sienne (c'est-à-dire que la sélectivité n'est pas assurée).

NOTE 2 Les caractéristiques I^2t peuvent être utilisées à la place des caractéristiques temps-courant.

3.4.15.2 **courant d'intersection**

I_B

coordonnées du courant de l'intersection entre les caractéristiques de durée maximale de coupure temps-courant de deux dispositifs de protection à maximum de courant

NOTE 1 Le courant d'intersection est la valeur limite au-dessus de laquelle, pour deux dispositifs de protection à maximum de courant placés en série, le dispositif de protection amont assure généralement, mais pas nécessairement, une protection de secours pour l'autre dispositif de protection.

NOTE 2 Les caractéristiques I^2t peuvent être utilisées à la place des caractéristiques temps-courant.

3.4.16 **courant conventionnel de non-déclenchement**

I_{nt}

valeur spécifiée du courant que le DD peut transporter pendant un temps spécifié (temps conventionnel) sans déclencher

[VEI 441-17-22:1984]

3.4.17 **courant conventionnel de déclenchement**

I_t

valeur spécifiée du courant qui provoque le déclenchement du DD avant l'expiration d'un temps spécifié (temps conventionnel)

3.4.18 **courant de déclenchement instantané**

valeur minimale de la surintensité provoquant le fonctionnement automatique du DD sans retard intentionnel

3.4.19 **surintensités de non-fonctionnement dans le circuit principal**

NOTE En cas de surintensités dans le circuit principal, en l'absence de courant différentiel résiduel, le dispositif de détection peut fonctionner en raison de la dissymétrie existante dans le dispositif de détection lui-même.

3.4.19.1 **valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge à travers un DD à deux voies de courant**

valeur maximale de la surintensité d'une charge qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et d'une fuite de courant à la terre, peut circuler dans le DD à deux voies de courant sans provoquer son fonctionnement

3.4.19.2 **valeur limite de la surintensité dans le cas d'une charge monophasée à travers un DD tripolaire ou tétrapolaire**

valeur maximale d'une surintensité monophasée qui, en l'absence de tout défaut à la masse ou à la terre et d'une fuite de courant à la terre, peut circuler dans le DD tripolaire ou tétrapolaire sans provoquer son fonctionnement

3.4.20

pouvoir de fermeture et de coupure différentiel

valeur de la composante alternative du courant différentiel présumé qu'un DD est capable d'établir, de transporter pendant son temps d'ouverture et d'interrompre dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.4.21

valeurs limites (U_x et U_y) de la tension d'alimentation pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation

3.4.21.1

U_x

valeur minimale de la tension d'alimentation à laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation fonctionne encore dans des conditions spécifiées en cas de diminution de la tension d'alimentation (voir 9.17.1)

3.4.21.2

U_y

valeur minimale de la tension d'alimentation en dessous de laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation s'ouvre automatiquement en l'absence de tout courant différentiel résiduel (voir 9.17.2)

3.5 Définitions relatives aux valeurs et aux domaines des grandeurs d'influence

3.5.1

grandeur d'influence

toute grandeur susceptible de modifier le fonctionnement spécifié d'un DD

3.5.2

valeur de référence d'une grandeur d'influence

valeur d'une grandeur d'influence à laquelle sont rapportées les caractéristiques indiquées par le constructeur

3.5.3

conditions de référence des grandeurs d'influence

ensemble des valeurs de référence de toutes les grandeurs d'influence

3.5.4

domaine d'une grandeur d'influence

domaine des valeurs d'une grandeur d'influence pour lequel, dans des conditions spécifiées, le DD fonctionne, les autres grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence

3.5.5

domaine extrême d'une grandeur d'influence

domaine des valeurs que peut prendre une grandeur d'influence à l'intérieur duquel le DD ne subit que des altérations spontanément réversibles, sans être tenu nécessairement de satisfaire à aucune exigence

3.5.6

température de l'air ambiant

température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure le DD

NOTE Pour des DD sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe.

[VEI 441-11-13]

3.5.7

température de référence de l'air ambiant

température de l'air ambiant sur laquelle sont basées les caractéristiques temps-courant

3.6 Définitions relatives aux bornes

3.6.1

borne

partie conductrice d'un appareil prévue pour les connexions et déconnexions électriques successives aux circuits extérieurs

3.6.2

borne à vis

borne permettant la connexion et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé, directement ou indirectement, au moyen de vis ou d'écrous de tout type

3.6.3

borne à trou

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est introduite dans un trou ou dans un logement, où elle est serrée sous le corps de la vis (ou des vis)

NOTE 1 La pression de serrage peut être appliquée directement par le corps de la vis ou au moyen d'un organe de serrage intermédiaire auquel la pression est appliquée par le corps de la vis.

NOTE 2 Des exemples de bornes à trou sont donnés dans l'Annexe IC, Figure IC.1.

3.6.4

borne à serrage sous tête de vis

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous la tête de vis. La pression de serrage peut être appliquée directement par la tête de la vis ou au moyen d'un organe intermédiaire, tel qu'une rondelle, une plaquette de serrage ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper

NOTE Des exemples de bornes à serrage sous tête de vis sont donnés dans l'Annexe IC, Figure IC.2a.

3.6.5

borne à goujon fileté

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous un écrou

NOTE 1 La pression de serrage peut être appliquée directement par un écrou de forme appropriée ou au moyen d'un organe intermédiaire, tel qu'une rondelle, une plaquette de serrage ou un dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper.

NOTE 2 Des exemples de bornes à goujon fileté sont donnés à la Figure IC.2b.

3.6.6

bornes à plaquette

borne à vis dans laquelle l'âme d'un conducteur est serrée sous une plaquette au moyen de deux vis ou écrous ou plus

NOTE Des exemples de bornes à plaquettes sont donnés à la Figure IC.3.

3.6.7

borne pour cosses et barrettes

borne à serrage sous tête de vis ou borne à goujon fileté, prévue pour le serrage d'une cosse ou d'une barrette au moyen d'une vis ou d'un écrou

NOTE Des exemples de bornes pour cosses et barrettes sont donnés à la Figure IC.4.

3.6.8

borne sans vis

borne de connexion permettant la connexion et la déconnexion ultérieure d'un conducteur ou l'interconnexion démontable de deux conducteurs ou plus, le raccordement étant réalisé directement ou indirectement au moyen de ressorts, pièces formant coin, excentriques, cônes, etc., sans préparation spéciale du conducteur autre que l'enlèvement de l'isolant

3.6.9

vis autotaraudeuse

vis réalisée en une matière présentant une grande résistance à la déformation quand elle est insérée, par rotation, dans une cavité, située dans un matériau présentant une moins grande résistance à la déformation que celle de la vis

NOTE La vis est réalisée avec un filetage conique, la conicité étant appliquée au diamètre du noyau du filetage à l'extrémité de la vis. Le filetage résultant de la mise en place de la vis n'est formé de façon sûre qu'après que l'on a effectué un nombre suffisant de révolutions dépassant le nombre de filets de la partie conique.

3.6.10

vis autotaraudeuse par déformation

vis autotaraudeuse ayant un filet ininterrompu

NOTE 1 La fonction de ce filetage n'est pas d'enlever du matériau de la cavité.

NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par déformation de matière est donné à la Figure 1.

3.6.11

vis autotaraudeuse à découpe

vis autotaraudeuse ayant un filet non continu

NOTE 1 Ce filetage est destiné à enlever du matériau de la cavité .

NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par enlèvement de matière est donné à la Figure 2.

3.7 Définitions relatives aux conditions de fonctionnement

3.7.1

manœuvre

passage d'un (des) contact(s) mobile(s) de la position d'ouverture à la position de fermeture et vice versa

NOTE Si une distinction est nécessaire, on emploiera les termes manœuvre électrique, s'il s'agit d'une opération au sens électrique (par exemple: établissement ou coupure) et manœuvre mécanique, s'il s'agit d'une opération au sens mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

3.7.2

manœuvre de fermeture

manœuvre par laquelle on fait passer le DD de la position d'ouverture à la position de fermeture

[VEI 441-16-08:1984]

3.7.3

manœuvre d'ouverture

manœuvre par laquelle on fait passer le DD de la position de fermeture à la position d'ouverture

[VEI 441-16-09:1984]

3.7.4

manœuvre manuelle dépendante

manœuvre effectuée uniquement par énergie manuelle directement appliquée, de telle sorte que la rapidité et la force de la manœuvre dépendent de l'action de l'opérateur

[VEI 441-16-13]

3.7.5

manœuvre manuelle indépendante

manœuvre avec accumulation d'énergie provenant d'une puissance manuelle accumulée et libérée en une opération continue de telle sorte que la rapidité et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[VEI 441-16-16]

3.7.6

DD à déclenchement libre

DD dont les contacts mobiles reviennent en position d'ouverture et y demeurent, quand la manœuvre d'ouverture automatique est commandée après le début de la manœuvre de fermeture, même si l'ordre de fermeture est maintenu

[VEI 441-16-31]

NOTE Afin d'assurer une interruption correcte du courant qui peut avoir été établi, il peut être nécessaire que les contacts atteignent momentanément la position de fermeture.

3.7.7

cycle de manœuvres

suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position en passant par toutes les autres positions, s'il en existe

[VEI 441-16-02]

3.7.8

séquence de manœuvres

suite de manœuvres spécifiées effectuées avec des intervalles de temps spécifiés

3.7.9

service ininterrompu

service dans lequel les contacts principaux d'un DD restent fermés tout en transportant un courant régulier sans interruption pendant de longues périodes (qui peuvent être des semaines, des mois et même des années)

3.8 Définitions relatives aux éléments constitutifs

3.8.1

contact principal

contact inséré dans le circuit principal d'un DD prévu pour supporter, dans la position de fermeture, le courant du circuit principal

[VEI 441-15-07:1984]

3.8.2

contact d'arc

contact prévu pour que l'arc y soit initié

NOTE Un contact d'arc peut jouer le rôle de contact principal. Il peut être aussi un contact distinct conçu de façon à s'ouvrir après et à se fermer avant un autre contact qu'il a pour but de protéger contre des détériorations.

3.8.3

contact de commande

contact inséré dans un circuit de commande d'un DD et manœuvré mécaniquement par ce DD

[VEI 441-15-09]

3.8.4

contact auxiliaire

contact inséré dans un circuit auxiliaire et manœuvré mécaniquement par le DD (par exemple, pour indiquer la position des contacts)

[VEI 441-15-10:1984, modifiée]

3.8.5

déclencheur

dispositif raccordé mécaniquement à (ou intégré dans) un DD dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture automatique du DD

[VEI 441-15-17, modifiée]

NOTE Dans la définition du VEI il est aussi fait référence à la fermeture.

3.8.6

déclencheur à maximum de courant

déclencheur qui actionne, avec ou sans retard, un DD lorsque le courant dans le déclencheur dépasse une valeur prédéterminée

NOTE Cette valeur peut, dans certains cas, dépendre de la vitesse d'accroissement du courant.

[VEI 441-16-33:1984]

3.8.7

déclencheur à maximum de courant à temps inverse

déclencheur à maximum de courant qui fonctionne après un intervalle de temps qui varie en raison inverse de la valeur de la surintensité

NOTE Un tel déclencheur peut être prévu pour que le retard atteigne une valeur minimale définie pour des valeurs élevées de la surintensité.

[VEI 441-16-35:1984]

3.8.8

déclencheur direct à maximum de courant

déclencheur à maximum de courant alimenté directement par le courant dans le circuit principal d'un DD

[VEI 441-16-36:1984]

3.8.9

déclencheur de surcharge

déclencheur à maximum de courant destiné à la protection contre les surcharges

[VEI 441-16-38:1984]

3.8.10

partie conductrice

partie capable de conduire du courant, bien qu'elle ne soit pas nécessairement utilisée pour conduire du courant en service normal

[VEI 441-11-09:1984]

3.8.11

partie conductrice accessible

partie conductrice, susceptible d'être touchée directement, qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut

[VEI 441-11-10:1984]

3.9 Définitions relatives aux essais

3.9.1

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

3.9.2

essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours et/ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

3.10 Définitions relatives à la coordination de l'isolement

3.10.1

coordination de l'isolement

correspondance mutuelle des caractéristiques d'isolement du matériel électrique en tenant compte du micro-environnement prévu et des autres contraintes exerçant une influence

[CEI 60664-1:2007, définition 3.1]

3.10.2

tension locale

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu qui peut apparaître à travers n'importe quelle isolation lorsqu'un matériel est alimenté sous la tension assignée

NOTE 1 Les surtensions transitoires sont négligées.

NOTE 2 Il est tenu compte à la fois des conditions à vide et des conditions normales de fonctionnement.

[CEI 60664-1:2007, définition 3.5]

3.10.3

surtension

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent dans les conditions normales de fonctionnement

[CEI 60664-1:2007, définition 3.7]

3.10.4

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

[CEI 60664-1:2007, définition 3.8.1]

3.10.5

catégorie de surtension

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[CEI 60664-1:2007, définition 3.10]

3.10.6

macro-environnement

environnement de la pièce ou de tout endroit où le matériel est installé ou utilisé

[CEI 60664-1:2007, définition 3.12.1]

3.10.7

micro-environnement

environnement immédiat de l'isolation qui influence en particulier le dimensionnement des lignes de fuite

[CEI 60664-1:2007, définition 3.12.2]

3.10.8

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[CEI 60664-1:2007, définition 3.11]

3.10.9

degré de pollution

nombre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[CEI 60664-1:2007, définition 3.13]

NOTE Le degré de pollution auquel l'équipement est exposé peut être différent de celui du macro-environnement dans lequel se trouve l'équipement du fait de la protection procurée par des moyens tels qu'enveloppe ou chauffelette interne empêchant l'absorption ou la condensation d'humidité.

3.10.10

sectionnement (fonction de)

fonction destinée à couper l'alimentation de toute l'installation ou d'une section discrète de celle-ci en la séparant de toute source d'énergie électrique pour des raisons de sécurité

[CEI 60947-1:2007, définition 2.1.19 modifiée]

3.10.11

distance de sectionnement

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux exigences de sécurité pour des besoins de sectionnement

[VEI 441-17-35:1984, modifiée]

3.10.12

distance d'isolement

la plus courte distance dans l'air entre deux parties conductrices le long d'un fil tiré sur le parcours le plus court entre ces parties conductrices

[VEI 441-17-31, modifiée]

NOTE 1 Pour la détermination d'une distance d'isolement pour des parties accessibles, il convient que la surface accessible d'une enveloppe isolante soit considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 3.

NOTE 2 Voir aussi l'Annexe B.

3.10.13

ligne de fuite

distance la plus courte le long de la surface d'une matière isolante entre deux parties conductrices

[VEI 604-03-61:1987, modifiée]

NOTE 1 Pour la détermination d'une ligne de fuite pour des parties accessibles, il convient que la surface accessible d'une enveloppe isolante soit considérée comme conductrice comme si elle était recouverte d'une feuille métallique à tout endroit où elle peut être touchée par la main ou par le doigt d'essai normalisé conforme à la Figure 3.

NOTE 2 Voir aussi l'Annexe B.

4 Classification

Les DD sont classés selon 12 façons différentes:

4.1 Selon le mode de fonctionnement

NOTE La sélection des différents types est faite selon les règles de la CEI 60364-5-53.

4.1.1 DD fonctionnellement indépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.8)

4.1.2 DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation (voir 3.3.9)

4.1.2.1 S'ouvrant automatiquement en cas de défaut de la tension d'alimentation avec ou sans temporisation (voir 8.12):

- a) se refermant automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie;
- b) ne se refermant pas automatiquement lorsque la tension d'alimentation est rétablie.

4.1.2.2 Ne s'ouvrant pas automatiquement en cas de défaut de la tension d'alimentation:

- a) capable de déclencher en cas d'apparition d'une situation dangereuse (par exemple dû à un défaut à la terre) en cas de défaut de la tension d'alimentation (spécifications à l'étude);
- b) ne pouvant pas déclencher en cas d'apparition d'une situation dangereuse (par exemple dû à un défaut à la terre) en cas de défaut de la tension d'alimentation.

NOTE La sélection des DD du b) est soumise aux conditions du 532.2.2.2 de la CEI 60364-5-53:2001.

4.2 Selon le type d'installation

- DD pour installation fixe et raccordement par conducteurs fixes;
- DD pour installation mobile et raccordement par conducteurs souples (de l'appareil lui-même à l'alimentation).

4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant

- DD unipolaires avec un neutre non coupé (voir 3.3.16) et un pôle protégé contre les surintensités (deux voies de courant);
- DD bipolaires avec un pôle protégé contre les surintensités;
- DD bipolaires avec deux pôles protégés contre les surintensités;
- DD tripolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités;
- DD tripolaires avec un neutre non coupé et trois pôles protégés contre les surintensités (quatre voies de courant);
- DD tétrapolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités;
- DD tétrapolaires avec quatre pôles protégés contre les surintensités;

NOTE Le pôle qui n'est pas un pôle protégé contre les surintensités (voir 3.3.15.1) peut être:

- «non protégé» (voir 3.3.15.2), ou
- «pôle neutre de sectionnement» (voir 3.3.15.3).

4.4 Selon les possibilités de réglage des courants différentiels de fonctionnement

- DD pour un seul courant différentiel assigné;
- DD avec plusieurs réglages du courant différentiel assigné (voir 5.2.3).

4.5 Selon la résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de surtension

- DD ayant une résistance normale contre les déclenchements indésirables (du type général selon le Tableau 2 et le Tableau 3, si applicable);
- DD ayant une résistance élevée contre les déclenchements indésirables (du type S selon le Tableau 2 et le Tableau 3, si applicable).

4.6 Selon le comportement en présence de composantes continues

- DD type AC;
- DD type A.

4.7 Selon la temporisation (en présence d'un courant différentiel)

- DD non temporisés: type pour usage général;
- DD temporisés: type (S) sélectif.

4.8 Selon la protection contre les influences externes

- type fermé (ne nécessitant pas l'utilisation d'une enveloppe appropriée);
- type ouvert (pour utilisation avec une enveloppe appropriée).

4.9 Selon la méthode de montage

- type montage en saillie;
- type à encastrer;
- type pour montage en tableau aussi appelé type pour tableau de distribution.

NOTE Ces types peuvent être destinés à être montés sur rail.

4.10 Selon le mode de connexion

- DD dont les connexions électriques ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;
- DD dont les connexions électriques sont associées au dispositif de fixation mécanique.

NOTE Des exemples de ce type sont:

- type enfichable;
- type à fixation par boulons;
- type à vis.

Certains DD peuvent être de type enfichable ou à fixation par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.

4.11 D'après le courant de déclenchement instantané (voir 3.4.18)

- DD type B;
- DD type C;
- DD type D.

4.12 D'après la caractéristique I^2t

En complément à la caractéristique I^2t à fournir par le constructeur comme indiqué à l'Article 5, les DD peuvent être classifiés selon leur caractéristique I^2t .

4.13 Selon le type de bornes

- DD avec bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre;
- DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 1 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe J.

- DD avec bornes plates à connexion rapide pour conducteurs externes en cuivre;

NOTE 2 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe K.

- DD avec bornes à vis pour conducteurs externes en aluminium.

NOTE 3 Les exigences pour les DD équipés de ce type de terminaux sont données à l'Annexe L.

5 Caractéristiques des DD

5.1 Énumération des caractéristiques

Les caractéristiques d'un DD doivent être déclarées de la façon suivante:

- type d'installation (voir 4.2);
- nombre de pôles et de voies courant (voir 4.3);
- courant assigné I_n (voir 5.2.2);
- courant différentiel de fonctionnement assigné $I_{\Delta n}$ (voir 5.2.3);
- courant différentiel de non-fonctionnement assigné $I_{\Delta no}$ (voir 5.2.4);
- tension assignée U_n (voir 5.2.1);
- fréquence assignée (voir 5.2.5);
- pouvoir de coupure assigné I_{cn} (voir 5.2.6);
- pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné $I_{\Delta m}$ (voir 5.2.7);
- temporisation si applicable (voir 5.2.8);
- caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue (voir 5.2.9);
- méthode de montage (voir 4.9);
- mode de connexion (voir 4.10);
- domaine du courant de déclenchement instantané en cas de surintensité (voir 4.11);
- classification selon I^2t (voir 4.12);
- degré de protection (voir CEI 60529).

Pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation:

- comportement du DD en cas de défaut de la tension d'alimentation (voir 4.1.2).

5.2 Valeurs assignées et caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension d'emploi assignée (U_e)

La tension d'emploi assignée d'un DD (appelée par la suite «tension assignée»), est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent ses performances.

NOTE Plusieurs tensions assignées et les pouvoirs de coupure correspondants peuvent être attribués à un même DD.

5.2.1.2 Tension d'isolement assignée (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un DD est la valeur de la tension attribuée par le constructeur à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite.

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du DD. En aucun cas la tension d'emploi maximale ne peut dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un DD doit être égale ou supérieure aux valeurs normalisées de la tension de tenue aux chocs données dans le Tableau 5.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Courant attribué par le constructeur comme étant le courant que le DD peut supporter en service ininterrompu (voir 3.7.9), à une température ambiante de référence spécifiée.

La température ambiante de référence normale est de 30 °C. Si une température ambiante de référence différente est utilisée pour le DD, on doit tenir compte de son effet sur la protection des câbles contre les surcharges puisque celle-ci est aussi basée sur une température ambiante de référence de 30 °C en conformité avec les règles d'installation (voir l'Article 523 de la CEI 60364-5-52:2001).

5.2.3 Courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Valeur du courant différentiel (voir 3.2.4) de fonctionnement, attribué par le constructeur au DD, pour lequel celui-ci doit fonctionner dans des conditions spécifiées.

Pour un DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement, le calibrage le plus élevé est utilisé pour le caractériser.

Les DD aux calibres continuellement réglables ne sont pas permis.

5.2.4 Courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

Valeur du courant différentiel de non-fonctionnement (voir 3.2.5) attribué par le constructeur au DD, et pour lequel celui-ci ne fonctionne pas dans des conditions spécifiées.

5.2.5 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un DD est la fréquence industrielle pour laquelle le DD est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

NOTE Plusieurs fréquences peuvent être attribuées au même DD.

5.2.6 Pouvoir de coupure assigné (I_{cn})

Le pouvoir de coupure assigné d'un DD est la valeur efficace du pouvoir de coupure limite en court-circuit (voir 3.4.6.1) attribué par le constructeur au DD.

NOTE A un pouvoir de coupure assigné I_{cn} donné correspond pour le DD un pouvoir de coupure de service en court-circuit déterminé (I_{cs}) (voir Tableau 22).

5.2.7 Pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Valeur efficace de la composante alternative du courant différentiel présumé (3.2.3 et 3.4.3), attribué par le constructeur, qu'un DD peut établir, supporter et couper dans des conditions spécifiées.

Les conditions sont celles spécifiées au 9.12.13.

5.2.8 DD type S

DD temporisé (voir 3.3.12) conforme à la partie correspondante du Tableau 2 et du Tableau 3.

5.2.9 Caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels résiduels avec une composante continue

5.2.9.1 DD type AC

DD dont le déclenchement est assuré pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux, soit appliqués brusquement, soit augmentant progressivement.

5.2.9.2 DD type A

DD dont le déclenchement est assuré pour des courants différentiels résiduels alternatifs sinusoïdaux ou continus pulsés, soit appliqués brusquement, soit variant progressivement.

5.3 Valeurs normales et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)

Les valeurs préférentielles de la tension assignée sont les suivantes:

DD	Circuit alimentant le DD	Tension assignée des DD pour emploi dans les systèmes 230 V ou 230/400 V ou 400 V V	Tension assignée des DD pour emploi dans les systèmes 120/240 V ou 240 V V
Unipolaire (avec deux chemins de courant)	Monophasé (entre phase et conducteur milieu mis à la terre ou phase et neutre)	230	120
Bipolaire	Monophasé (entre phase et neutre ou phase et phase ou phase et conducteur milieu mis à la terre)	230	120
	Monophasé (entre phase et phase)	400	240
	Monophasé (entre phase et phase, 3 fils)		120/240
	Triphasé (4 fils) (système phase à neutre 230/400 V ou système phase à phase 230 V)	230	
Tripolaire (avec trois ou quatre chemins de courant)	Triphasé (3 fils ou 4 fils) (système 400 V ou 230/400 V ou 240 V)	400	240
Tétrapolaire	Triphasé (4 fils) (système 230/400 V)	400	

NOTE 1 Dans la CEI 60038 la valeur de la tension de réseau 230/400 V a été normalisée. Cette valeur remplacera progressivement les valeurs 220/380 V et 240/415 V.

NOTE 2 Partout où il est fait référence à 230 V ou 400 V dans cette norme on peut lire, respectivement, 220 V ou 240 V et 380 V ou 415 V.

NOTE 3 Partout où il est fait référence à 120 V ou 120/240 V ou 240 V dans cette norme on peut lire, respectivement, 100 V ou 100/200 V ou 200 V.

NOTE 4 Partout où il est fait référence à 240 V tripolaire dans cette norme on peut lire, respectivement, 100 V ou 120/208 V.

NOTE Au Japon, les conducteurs phase-et-neutre et phase-et-terre (connecté à la terre) sont pensés différemment car dans un système unipolaire de 2-conducteurs alimenté par un système de 2-conducteurs il n'y a pas de neutre.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont:

$$6 - 8 - 10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125 \text{ A.}$$

5.3.3 Valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné ($I_{\Delta n}$)

Les valeurs normales du courant différentiel de fonctionnement assigné sont:

$$0,006 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 0,5 \text{ A.}$$

NOTE En KR et au Japon, les valeurs de 0,015 A, 0,2 A et 1 A sont également considérées comme des valeurs normalisées.

5.3.4 Valeurs normales du courant différentiel de non-fonctionnement assigné ($I_{\Delta no}$)

La valeur normale du courant différentiel de non-fonctionnement est: $0,5 I_{\Delta n}$.

NOTE Pour les courants différentiels pulsés, les courants différentiels de non-fonctionnement dépendent de l'angle α de retard de conduction (voir 3.1.4).

5.3.5 Valeurs préférentielles de la fréquence assignée

Les valeurs préférentielles des fréquences assignées sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

5.3.6 Valeurs du pouvoir de coupure assigné**5.3.6.1 Valeurs normales jusqu'à et y compris 10 000 A**

Les valeurs normales du pouvoir de coupure assigné jusqu'à et y compris 10 000 A sont données au Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs normales du pouvoir de coupure assigné

1 500 A
3 000 A
4 500 A
6 000 A
10 000 A

NOTE Les valeurs de 1 000 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A et 9 000 A sont considérées comme également normalisées dans certains pays.

Les plages du facteur de puissance correspondant sont données au 9.12.5.

5.3.6.2 Valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A jusqu'à et y compris 25 000 A, 15 000 A et 20 000 A sont des valeurs préférentielles.

La plage du facteur de puissance correspondant est donnée au 9.12.5.

5.3.7 Valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné $I_{\Delta m}$ est de $10 I_n$ avec une valeur minimale de 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont indiqués au Tableau 21.

5.3.8 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour DD de type AC et A

5.3.8.1 Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) de types AC et A

Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement et du temps de non-réponse pour courants résiduels alternatifs (valeurs efficaces) pour DD de type AC et A

			Valeurs limites du temps de fonctionnement et du (des) temps de non-réponse pour DD de type AC et A dans le cas de courants résiduels alternatifs(valeurs efficaces) égaux à						
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ ou $0,25 A^a$	$5 A - 200 A,$ $500 A^b$	$I_{\Delta t}^c$	
Général	N'importe quelle valeur	<0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Temps de fonction- nement maximal
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S	≥25	>0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Temps de non- réponse minimal
		>0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

^a Pour cet essai, la valeur est à préciser par le fabricant.

^b Les essais sont effectués seulement pendant la vérification du fonctionnement correct suivant 9.9.1.2 d), mais en aucun cas des valeurs plus élevées que la valeur inférieure de la plage de la surintensité de déclenchement instantanée sont appliquées.

^c L'essai est effectué avec le courant $I_{\Delta t}$ qui est égal à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D selon le cas. Pour les essais en 9.9.1.3 et 9.9.1.4b), le courant $I_{\Delta t}$ est établi de manière que la somme vectorielle $I_{\Delta t} + I_n$ soit égale à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D, selon le cas.

NOTE Aux Etats-Unis, quand les temps de déclenchement sont spécifiquement relatifs au courant, les formules suivantes s'appliquent:

$$T = \left(\frac{20}{I} \right)^{1.43}$$

pour les défauts de résistance élevée et

$$T = 125 \left(\frac{10}{V} \right)^{1.43}$$

pour les défauts de faible résistance.

5.3.8.2 Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde (valeurs efficaces) pour le type A

Tableau 3 – Valeurs maximales du temps de fonctionnement pour courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) pour DD de type A

			Valeurs maximales du (des) temps de fonctionnement et du(des) temps de non-fonctionnement pour DD de type A dans le cas de courants de défaut d'une demi-onde pulsés (valeurs efficaces) égaux à							
Type	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5 A	350 A
Général	N'importe quelle valeur	<0,03		0,3		0,15			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		>0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S	≥25	>0,03	0,5		0,2		0,15			0,15

^a Cette valeur doit être restreinte à la limite inférieure de la plage des surintensités de déclenchements instantanés des types B, C ou D selon le cas.

5.3.9 Plages normales de surintensité de déclenchement instantané

Les plages normales de surintensité de déclenchement instantané sont indiquées au Tableau 4.

Tableau 4 – Domaines des surintensités de déclenchement instantané

Type	Domaine
B	De $3 I_n$ à $5 I_n$ inclus
C	De $5 I_n$ à $10 I_n$ inclus
D	De $10 I_n$ à $20 I_n$ inclus ^a

^a Dans certains cas, des valeurs jusqu'à $50 I_n$ peuvent également être utilisées.

5.3.10 Valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 5 donne les valeurs normalisées des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 5 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tension nominale de l'installation	
	Système triphasé V	Système monophasé avec point milieu à la terre V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir Tableau 19.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir Tableau 28.		
^a Les valeurs 3 kV et 5 kV, respectivement sont utilisées pour vérifier les distances de sectionnement à travers les contacts ouverts à l'altitude de 2 000 m (voir Tableaux 7 et 28). ^b Pour les habitudes d'installation au Japon. ^c Pour les habitudes d'installation dans les pays du Nord de l'Amérique.		

6 Marquage et autres informations sur le produit

Chaque ID doit être marqué de façon indélébile, soit par toutes les indications énumérées ci-après, soit, pour les appareils plus petits, par certaines d'entre elles:

- le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série;
- la ou les tension(s) assignée(s);
- le courant assigné sans le symbole «A», précédé du symbole de déclenchement, instantané (B, C ou D), par exemple B 16;
- la fréquence assignée: les DD avec plus d'une fréquence assignée (par exemple, 50/60 Hz) doivent être marqués en conséquence;
- le courant différentiel de fonctionnement assigné;
- les réglages du courant différentiel de fonctionnement dans le cas de DD ayant plusieurs courants différentiels de fonctionnement;
- le pouvoir de coupure assigné en ampères;
- la température de calibration de référence si elle est différente de 30 °C;
- le degré de protection (seulement s'il diffère de IP 20);
- la position d'emploi, si nécessaire;
- le pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné s'il est différent du pouvoir de coupure assigné;
- le symbole  (S dans un carré) pour les appareils de type S;
- indication si le DD est fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation selon le cas (à l'étude);
- organe de manœuvre du dispositif d'essai, repéré par la lettre T;
- schéma de raccordement;
- la caractéristique de fonctionnement en cas de courants différentiels avec composantes continues:

– les DD type AC doivent être marqués du symbole  (CEI 60417-5032-2002-10)

– les DD type A doivent être marqués du symbole 

s) pour les DD de type D, le courant de déclenchement instantané maximum s'il est supérieur à $20 I_n$ (voir le Tableau 4).

Les marques doivent se trouver sur le DD lui-même ou sur une ou plusieurs plaques signalétiques fixées au DD et ces marques doivent être apposées en un endroit tel qu'elles soient visibles et lisibles lorsque le DD est installé.

L'aptitude au sectionnement, qui est assurée par tous les DD de la présente norme, peut être indiquée par le symbole  marqué sur l'appareil. S'il est marqué sur l'appareil, il peut être inclus dans un schéma de câblage, où il peut être combiné avec les symboles d'autres fonctions.

NOTE 1 En Australie, ce marquage sur le disjoncteur est obligatoire mais pas nécessairement visible après installation.

Lorsque le symbole est utilisé seul (c'est-à-dire pas dans un schéma de câblage), la combinaison avec les symboles d'autres fonctions n'est pas permise.

Si un degré de protection plus élevé que IP20 est marqué sur l'appareil, celui-ci doit y satisfaire, quelle que soit la méthode d'installation. Si le degré de protection plus élevé est obtenu par une méthode spécifique d'installation et/ou en employant des accessoires particuliers (tels que couvre-bornes, enveloppes, etc.), cela doit être spécifié dans la documentation du constructeur.

Si, pour de petits appareils, la place disponible n'est pas suffisante pour toutes les indications ci-dessus qui doivent y figurer, les indications spécifiées aux points d), f), n), p) et r) au moins (uniquement pour le type A) doivent être portées et visibles quand l'appareil est installé. Les informations des points a), b), c), h), l), r) (uniquement pour le type AC) et s) peuvent être portées sur le côté ou sur le dos de l'appareil et être visibles seulement avant l'installation de l'appareil. L'information du point q) peut être placée à l'intérieur de tout capot qui doit être démonté pour le raccordement à l'alimentation. Les autres indications doivent être données dans les catalogues du constructeur.

Pour les DD autres que ceux manœuvrés au moyen de boutons-poussoirs, la position ouverte doit être indiquée par le symbole «O» et la position fermée par le symbole «I» (trait vertical court).

Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. Provisoirement, l'utilisation exclusive de symboles nationaux est autorisée. Ces indications doivent être facilement lisibles quand le DD est installé.

Pour les DD manœuvrés au moyen de deux boutons-poussoirs, le bouton-poussoir destiné à l'opération d'ouverture seulement doit être rouge et/ou être marqué du symbole «O».

Le rouge ne doit être utilisé pour aucun autre bouton-poussoir du DD.

Si un bouton-poussoir est utilisé pour la fermeture des contacts et est de toute évidence repéré comme tel, sa position enfoncée est suffisante pour indiquer la position fermée.

Si un seul bouton-poussoir est utilisé pour la fermeture et l'ouverture des contacts et est identifié comme tel, le bouton restant dans la position enfoncée est suffisant pour indiquer la position fermée. Cependant, si le bouton ne reste pas enfoncé, un dispositif additionnel indiquant la position des contacts doit être fourni.

S'il est nécessaire d'établir une distinction entre les bornes d'entrées et de sorties, celles-ci doivent être clairement marquées (par exemple avec les termes «amont» et «aval» près des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant le sens du parcours de la puissance).

Les bornes destinées exclusivement au branchement du neutre du conducteur doivent être marquées avec la lettre N.

Les bornes destinées au conducteur de protection, s'il en existe, doivent être marquées du

symbole  (CEI 60417-5019-2006-08).

NOTE 2 Le symbole  (CEI 60417-5017-2006-08), précédemment recommandé, doit être progressivement remplacé par le symbole préférentiel CEI 60417-5019 donné ci-dessus.

Le marquage doit être indélébile et facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles détachables ou autres parties amovibles.

La vérification de l'indélébilité du marquage est effectuée par l'essai du 9.3.

Pour les bornes universelles (pour les conducteurs rigides à âme massive, rigides à âme câblée et souples):

- pas de marquage.

Pour les bornes non-universelles:

- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides à âme massive uniquement doivent être marquées par la lettre "s" ou par "sol";
- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides (massifs ou cables) uniquement doivent être marquées par la lettre "r".

Les marquages doivent figurer sur le DD ou, si l'espace disponible n'est pas suffisant, sur la plus petite partie de l'emballage ou dans l'information technique.

7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normales

Les DD conformes à cette norme doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales données au Tableau 6.

Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service

Grandeurs d'influence	Domaine d'emploi normal	Valeurs de référence	Tolérance pour les essais (voir note 6)
Température ambiante (voir notes 1 et 7)	De -5 °C à +40 °C (voir note 2)	20 °C	± 5 °C
Altitude	Ne dépassant pas 2 000 m		
Humidité relative maximale à 40 °C	50 % (voir note 3)		
Induction magnétique d'origine extérieure	Inférieure ou égale à 5 fois l'induction magnétique terrestre dans toutes les directions	Champs magnétiques d'origine terrestre	(voir note 4)
Position	Comme indiqué par le constructeur avec une tolérance de 2° dans toutes les directions (voir note 5)	Comme indiqué par le constructeur	2° dans n'importe quelle direction
Fréquence	Valeur de référence ± 5 % (voir note 6)	Valeur assignée	± 2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %

NOTE 1 La valeur maximale de la moyenne journalière est de +35 °C.

NOTE 2 Des valeurs hors de ce domaine sont admises pour des conditions climatiques plus sévères après accord entre constructeur et utilisateur.

NOTE 3 Des degrés d'humidité relative sont admis à des températures plus basses (par exemple 90 % à 20 °C).

NOTE 4 Dans le cas où un DD est installé à proximité d'un fort champ magnétique, des règles complémentaires peuvent être nécessaires.

NOTE 5 Il convient que l'appareil soit fixé de façon qu'aucune pièce du DD ne subisse de déformations susceptibles de gêner son fonctionnement.

NOTE 6 Les tolérances données sont applicables, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans l'essai spécifique.

NOTE 7 Des limites extrêmes de –20 °C et +60 °C sont admissibles pendant le stockage et le transport et devraient être prises en compte dans la conception de l'appareil.

7.2 Conditions d'installation

Les DD doivent être installés selon les indications du constructeur.

7.3 Degré de pollution

Les DD couverts par cette norme sont destinés à des environnements présentant un degré de pollution 2, c'est-à-dire que normalement seule une pollution non conductrice apparaît; occasionnellement, toutefois, une conductivité temporaire causée par de la condensation peut être attendue.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Réalisation mécanique

8.1.1 Généralités

Les DD doivent être conçus et réalisés de façon que, en usage normal, leur fonctionnement soit sûr et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

La détection du courant différentiel et le déclencheur différentiel doivent être situés entre les bornes d'entrée et de sortie du DD.

Il ne doit pas être possible de modifier les caractéristiques de fonctionnement du DD par des interventions extérieures autres que celles qui sont spécifiquement prévues pour modifier la valeur du courant différentiel de fonctionnement assignée.

Le changement d'un calibrage vers un autre ne doit pas être possible sans un outil. Il ne doit pas être possible de mettre hors d'état de marche ou d'interdire le fonctionnement du DD par aucun procédé.

NOTE En Australie, en Allemagne, au Danemark, en Italie, au Royaume-Uni et en Suisse, il n'est pas permis d'avoir plusieurs réglages.

En cas de DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel résiduel, la valeur assignée est la plus élevée des valeurs de réglage.

8.1.2 Mécanisme

Les contacts mobiles de tous les pôles des DD multipolaires doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, excepté le pôle neutre de sectionnement, s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement.

Le pôle neutre de sectionnement (voir 3.3.15.3) des DD tétrapolaires ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant les autres pôles.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par essai manuel, en employant des moyens appropriés (tels qu'indicateurs lumineux, oscilloscope, etc.).

Si un pôle ayant un pouvoir de coupure et de fermeture en court-circuit approprié est utilisé comme pôle neutre et si le fonctionnement du DD est du type à manœuvre manuelle indépendante (voir 3.7.5), dans ce cas tous les pôles, y compris le pôle neutre, peuvent fonctionner effectivement ensemble.

Les DD doivent avoir des mécanismes à déclenchement libre.

Il doit être possible d'ouvrir ou de fermer les DD à la main. Pour les DD de type enfichable sans organe de manœuvre, cette condition n'est pas considérée comme satisfaite par le fait que le DD peut être retiré de son socle.

Les disjoncteurs doivent être construits de façon telle que les contacts mobiles puissent rester uniquement dans la position de fermeture (voir 3.3.13.) ou d'ouverture (voir 3.3.14.), même lorsque l'organe de manœuvre est abandonné dans une position intermédiaire.

Les DD en position d'ouverture (voir 3.3.14) doivent avoir une distance de sectionnement qui respecte les exigences nécessaires pour satisfaire à la fonction sectionnement (voir 8.3).

L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou les deux moyens suivants:

- la position de l'organe de manœuvre, cette solution étant préférée; ou
- un indicateur mécanique séparé.

Si un indicateur mécanique séparé est utilisé pour indiquer la position des contacts principaux, il doit être de couleur rouge pour la position de fermeture et de couleur verte pour la position d'ouverture.

NOTE 1 Aux Etats-Unis, les couleurs rouges et vertes ne sont pas utilisées pour indiquer la position du contact.

Les moyens d'indication de la position des contacts doivent être fiables.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.9.2.2.

Les DD doivent être conçus de telle façon que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis correctement en place que de la façon qui assure une indication correcte de la position des contacts.

La conformité est vérifiée par examen visuel et par les essais de 9.12.12.1 et de 9.12.12.2.

Lorsque des moyens de verrouillage de l'équipement en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le constructeur, le verrouillage dans cette position doit être possible uniquement lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture.

NOTE 2 Le verrouillage de l'organe de manœuvre dans la position de fermeture est permis pour des applications particulières.

La conformité est vérifiée par examen visuel, en tenant compte des instructions du constructeur.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement prendre ou rester dans la position correspondant à celle des contacts mobiles; dans ce cas, l'organe de manœuvre doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts, mais, pour l'ouverture automatique, une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être prévue. Dans ce cas, il doit être nécessaire de réarmer le DD manuellement avant de pouvoir le refermer.

Dans le cas de DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation, se refermant automatiquement (voir 4.1.2.1 a)) lorsque la tension d'alimentation est rétablie après disparition de cette dernière, l'organe de manœuvre doit rester dans la position «fermé» après une ouverture automatique des contacts; lorsque la tension d'alimentation est rétablie, les contacts doivent se refermer automatiquement à moins que l'organe de manœuvre n'ait été placé en position «ouvert».

NOTE 3 Pour ce type de DD, l'organe de manœuvre ne peut pas être utilisé pour indiquer les positions ouvert et fermé.

Lorsqu'un indicateur lumineux est utilisé, il doit être allumé et de couleur brillante quand le DD est en position «fermé». L'indicateur lumineux ne doit pas être le seul moyen d'indication de la position «fermé».

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou des capots et doit être indépendant de toute partie amovible.

Un capot scellé mis en place par le constructeur est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons-poussoirs, il ne doit pas être possible d'enlever les boutons de l'extérieur du DD.

Les organes de manœuvre doivent être solidement fixés sur leurs axes et il ne doit pas être possible de les retirer sans l'aide d'un outil.

Les organes de manœuvre directement fixés aux capots sont autorisés. Si l'organe de manœuvre possède un mouvement de haut en bas et de bas en haut, lorsque le DD est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

NOTE 4 Provisoirement, dans certains pays le mouvement de fermeture du haut vers le bas est permis.

La conformité aux conditions ci-dessus est vérifiée par examen visuel et essai manuel, pour le mécanisme à déclenchement libre, par les essais du 9.11.

8.1.3 Distances d'isolement et lignes de fuite (voir Annexe B)

Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales sont données dans le Tableau 7 qui est basé sur le fait que le DD est destiné à fonctionner dans des environnements avec degré de pollution 2.

La conformité du point 1 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure et par l'essai décrit aux paragraphes 9.7.7.4.1 et 9.7.7.4.2. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité tel que décrit au 9.7.1.

Les distances d'isolement des points 2 et 4 (à l'exception des surfaces accessibles après l'installation, voir Note 1) peuvent être réduites à condition que les distances d'isolement mesurées ne soit pas plus courtes que le minimum autorisé dans la CEI 60664-1 pour les conditions de champs homogènes.

NOTE 1 Les surfaces accessibles après l'installation désignent toutes les surfaces accessibles par l'utilisateur lorsque le DD est installé conformément aux instructions du fabricant. Le doigt d'épreuve peut être appliqué pour déterminer si la surface est accessible ou non.

Dans ce cas, après le traitement d'humidité décrit au 9.7.1, la conformité des points 2 et 4 et les dispositions du 9.7.2 points b), c), d) et e) est vérifiée dans l'ordre suivant:

- Essais selon 9.7.2 à 9.7.6 le cas échéant;
- Essai selon 9.7.7.2 appliqué avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 19 et avec les dispositions du 9.7.2 points b), c), d), e).

Si les mesures ne démontrent aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.7.2 n'est pas appliqué.

La conformité du point 3 dans le Tableau 7 est vérifiée par la mesure.

NOTE 2 Toutes les mesures nécessaires au 8.1.3 seront effectuées à la séquence d'essai A sur un échantillon et les essais de 9.7.7.2 seront effectués avant 9.7.1 sur trois échantillons de la séquence d'essai B.

Certaines parties des circuits imprimés connectées aux parties actives protégées contre la pollution par l'utilisation d'une protection de type 2 selon la CEI 60664-3 sont dispensées de cette vérification.

Les matériaux isolants sont classifiés en groupes de matériaux en fonction de leur indice comparatif de résistance aux courants de cheminement (IRC) conformément à 4.8.1 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 3 L'information sur les exigences pour la conception de l'isolation solide et des essais appropriés est fournie dans la CEI 60664-1:2007, 5.3 et 6.1.3.

NOTE 4 Pour les distances d'isolement sur les matériaux de circuits imprimés, la Note 3 suivante du Tableau F.2 de la 60664-1:2007 peut être utilisée: "Pour les matériaux de circuits imprimés, les valeurs pour le degré de pollution 1 s'appliquent avec pour exception que les valeurs ne doivent pas être inférieures à 0,04 mm, comme spécifié dans le Tableau F.4.". Pour les lignes de fuite sur les matériaux de circuits imprimés, les distances du Tableau F.4 de la 60664-1:2007 peuvent être utilisées si elles sont protégées par un revêtement conformément aux exigences et aux essais de la CEI 60664-3.

NOTE 5 Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite pour les intervalles égaux ou inférieures à 2 mm pour les cartes de circuits imprimés peut être optimisé sous certaines conditions en cas d'utilisation de la CEI 60664-5. Seuls les niveaux d'humidité HL2 et HL3 sont considérés.

Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales

	Distances d'isolement minimales mm			Lignes de fuite minimales ^{e, f} mm											
				Groupe IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Groupe II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Groupe I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Tension assignée V			Tension locale ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400	>25 ≤50 ⁱ	120	250	400
1. Entre parties actives qui sont séparées lorsque les contacts sont en position ouverte ^a	2,0	4,0	4,0	1,2	2,0	4,0	4,0	0,9	2,0	4,0	4,0	0,6	2,0	4,0	4,0
2. Entre parties actives de polarité différente ^a	1,5	3,0	3,0	1,2	1,5	3,0	4,0	0,9	1,5	3,0	3,0	0,6	1,5	3,0	3,0
3. Entre circuits alimentés par des sources différentes, l'une d'elles étant en TBTP ou TBTS ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Tension assignée V											
				120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400	
4. Entre parties actives et - les surfaces accessibles des organes de manœuvre - les vis ou autres organes de fixation des capots qui doivent être retirés lorsqu'on fixe le DD - la surface sur laquelle le DD est monté ^b - les vis ou les autres organes de fixation du DD ^b - les couvercles ou boîtes métalliques ^b - les autres parties métalliques accessibles ^c - les bâtis métalliques supportant des DD de type à encastrer	1,5	3,0	3,0	1,5	4,0	1,5	3,0	1,5	3,0	1,5	3,0				
NOTE 1 Les valeurs données pour 400 V sont aussi valables pour 440 V.															
NOTE 2 Les parties du chemin du neutre, s'il existe, sont considérées comme des parties actives.															
NOTE 3 Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre parties actives de polarité différentes des DD de type enfichable placés les uns à côté des autres. Si les exigences pour les distances d'isolement et pour les lignes de fuite ne répondent pas à toutes les surfaces adjacentes du DD, une information appropriée sera fournie pour les procédures d'installation.															

- a Pour les contacts auxiliaires et de commande, les valeurs sont données dans la norme correspondante.
- b Les valeurs sont doublées si les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le DD est monté ne dépendent pas seulement de la conception du DD, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque le DD est monté dans la position la plus défavorable.
- c Y compris une feuille métallique en contact avec des surfaces en matière isolante, qui sont accessibles après installation pour usage normal. La feuille est poussée dans les coins, les rainures, etc., au moyen d'un doigt d'essai rigide et rectiligne, en accord avec 9.6 (voir Figure 3).
- d Voir la CEI 60112.
- e L'interpolation est admise lors de la détermination de lignes de fuite correspondant à des valeurs de tension intermédiaires par rapport à celles listées comme tension locale. Lors de l'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs prises à partir des tables. Pour la détermination des lignes de fuite, voir l'Annexe B.
- f Les lignes de fuite ne peuvent pas être inférieures aux distances d'isolement associées.
- g Pour couvrir toutes les tensions y compris la TBT d'un contact auxiliaire.
- h Pour le groupe de matériel IIIb ($100 \text{ V} \leq \text{ITC} < 175 \text{ V}$), les valeurs pour le groupe IIIa, multipliées par 1,6, s'appliquent.
- i Pour des tensions locales jusqu'à 25 V inclus, on peut faire référence à la CEI 60664-1.

8.1.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.1.4.1 Les assemblages mécaniques et connexions électriques doivent être capables de résister aux efforts mécaniques qui se produisent en service normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du DD lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) qui sont mis en œuvre lors du montage du DD comprennent les vis pour la fixation des capots ou des plaques de recouvrement, mais pas les moyens de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base du DD.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.4.

NOTE 2 Les connexions à vis sont considérées comme vérifiées par les essais des 9.8, 9.12, 9.13, 9.14 et 9.23.

8.1.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante et qui sont mises en œuvre lors du montage du DD pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

NOTE L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.1.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que céramique, mica pur ou autres matières présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou fléchissement éventuel de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le caractère approprié de la matière est estimé par rapport à la stabilité des dimensions.

8.1.4.4

Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, doivent être faites, le cas échéant, d'un métal ayant, dans les conditions se manifestant dans l'appareil, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion suffisantes pour l'utilisation qui leur est destinée,

Des exemples de matériaux appropriés sont donnés ci-après:

- cuivre;
- alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- autre métal ou métal avec revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou de métal ferreux avec revêtement adapté, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.25).

Les spécifications de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ainsi qu'aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.

8.1.5 Bornes pour conducteurs externes

8.1.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de façon que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis pourvu qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

La conformité est vérifiée par inspection, par les essais du 9.5 pour bornes à vis, par des essais spécifiques pour les DD de type enfichable ou à fixation par boulons inclus dans la norme, ou par les essais des Annexes J, K ou L, le cas échéant pour le type de connexion.

8.1.5.2 Les DD doivent être munis:

- soit de bornes qui doivent permettre la connexion des conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées au Tableau 8;

NOTE Des exemples de conceptions possibles de bornes à vis sont donnés dans l'Annexe IC.

- ou de bornes pour conducteurs extérieurs en aluminium non traité et avec bornes à vis en aluminium pour une utilisation avec du cuivre ou avec des conducteurs en aluminium conformément à l'Annexe L.

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis

Courant assigné ^{a)} A		Plage des sections nominales à serrer ^{b)} mm ²	
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	Conducteurs rigides (massifs ou câblés ^{c)})	Conducteurs souples
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16
80	100	16 to 35	16 to 25
100	125	25 to 50	25 to 35

NOTE Une information sur les AWG est donnée en Annexe ID.

a) Une série de DD ayant la même conception de base, la même conception et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimum et de la plus grande section pour le courant assigné maximum, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.

b) Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 6 mm² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

c) Les conducteurs câblés rigides doivent être utilisés pour les conducteurs de section 1,5 mm² à 50 mm² et doivent être conformes à la classe 2 de la CEI 60228, relative aux âmes câblées pour câbles monoconducteurs.

8.1.5.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.5.

8.1.5.4 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Le terme «préparation spéciale» concerne l'étamage des fils du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc., mais non la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.1.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique appropriée.

Les vis et les écrous pour le serrage des conducteurs doivent avoir un pas métrique ISO ou un filetage d'un pas comparable et d'une résistance mécanique équivalente.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des 9.4 et 9.5.1.

8.1.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.5.2.

8.1.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière qu'elles serrent le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des 9.4 et 9.5.1.

8.1.5.8 Les bornes doivent être conçues ou positionnées de manière que ni un conducteur rigide à âme massive ni un brin d'un conducteur câblé ne puisse s'échapper lors du serrage des vis ou des écrous.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.5.3.

8.1.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, les bornes ne puissent pas prendre de jeu par rapport aux DD.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soient empêchés, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences de la présente norme.

L'utilisation d'une résine ou d'une matière de remplissage est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que

- la résine ou la matière de remplissage ne soit pas soumise à des contraintes pendant l'usage normal,
- l'efficacité de la résine ou de la matière de remplissage ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans cette norme.

La conformité est vérifiée par examen, par mesures et par l'essai du 9.4.

8.1.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinés à la connexion des conducteurs de protection doivent être prémunis de façon adéquate contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les modèles de bornes dont des exemples sont donnés à l'Annexe IC procurent une élasticité suffisante pour répondre à l'exigence; pour d'autres modèles, des dispositions spéciales telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable, qui ne peut pas être retirée par inadvertance, peuvent être nécessaires.

8.1.5.11 Les vis et écrous destinés à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être autotaraudeuses.

8.1.6 Non-interchangeabilité

Pour les DD destinés à être montés sur les bases faisant corps avec eux (type enfichable ou à vis), on ne doit pas pouvoir remplacer, sans l'aide d'un outil, un DD monté et équipé de conducteurs comme en usage normal par un autre appareil de la même fabrication et de courant assigné plus élevé.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE L'expression «comme en usage normal» implique que le disjoncteur est monté conformément aux instructions du constructeur.

8.2 Protection contre les chocs électriques

Les DD doivent être conçus de telle façon que, lorsqu'ils sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal, les parties actives ne soient pas accessibles.

NOTE Le terme «usage normal» implique que le DD est installé selon les instructions du constructeur.

Une partie est considérée comme «accessible» si on peut la toucher avec le doigt d'épreuve (voir 9.6).

Dans le cas des DD autres que ceux du type enfichable, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, qui sont accessibles lorsque les DD sont fixés et équipés de conducteurs comme en usage normal, doivent être soit en matière isolante, soit entièrement revêtues de matière isolante, à moins que les parties actives ne soient enfermées dans une enveloppe intérieure en matière isolante.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ne pas risquer d'être perdus au cours de l'installation du DD. Ils doivent avoir une épaisseur et une résistance mécanique suffisantes et doivent assurer une protection efficace aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent être soit en matière isolante, soit munies de manchons ou dispositifs analogues en matière isolante. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et avoir une résistance mécanique suffisante.

Dans le cas des DD enfichables, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots, qui sont accessibles en usage normal, doivent être en matière isolante.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices accessibles, à l'exception de celles permettant d'accoupler les organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles, et doivent être revêtus de matière isolante.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. Elles doivent être en outre isolées des parties métalliques accessibles, des bâtis métalliques supportant la base des DD de type encastré, des vis ou autres organes de fixation de la base sur son support et d'une plaque métallique utilisée comme support.

On doit pouvoir remplacer facilement les DD enfichables sans toucher aux parties actives.

Le vernis ou l'émail ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.6.

8.3 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

Les DD doivent avoir des propriétés diélectriques appropriées et doivent assurer le sectionnement.

Les circuits de commande connectés au circuit principal ne doivent pas être endommagés par des tensions continues élevées résultant des mesures d'isolement qui sont normalement effectuées après que les DD ont été installés.

La conformité est vérifiée par les essais des 9.7.

8.4 Echauffements

8.4.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des diverses parties d'un DD spécifiées au Tableau 9, mesurés dans les conditions spécifiées au 9.8.2, ne doivent pas dépasser les limites indiquées au Tableau 9.

Le DD ne doit pas subir de dommages de nature à nuire à son fonctionnement et à sa sûreté.

Tableau 9 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b}	Echauffement K
Bornes de raccordement pour des connexions externes ^c	65
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du DD, y compris les organes de manœuvre en matière isolante et les organes métalliques des moyens de couplage isolés pour le fonctionnement de plusieurs pôles	40
Parties métalliques extérieures des organes de manœuvre	25
Autres parties extérieures, y compris la face du DD en contact direct avec la surface de montage	60
^a Il n'est pas spécifié de valeurs pour les contacts parce que la conception de la plupart des DD est telle que la mesure directe de la température de ces parties ne peut être effectuée sans risquer de provoquer des altérations ou déplacements de parties susceptibles d'affecter la reproductibilité des essais. L'essai de fiabilité (voir 9.22) est considéré suffisant pour la vérification indirecte du comportement des contacts vis-à-vis des échauffements non admissibles en service.	
^b Il n'est pas spécifié de valeur pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matière isolante ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du DD ne doit pas être affecté.	
^c Pour les DD du type enfichable, les bornes de la base sur laquelle ils sont installés.	

8.4.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 9 sont applicables seulement si la température de l'air ambiant reste entre les limites indiquées au Tableau 6.

8.5 Caractéristiques de fonctionnement

Les caractéristiques de fonctionnement des DD dans des conditions de courant différentiel ou de surintensité doivent satisfaire aux exigences du 9.9, selon le cas.

8.5.1 En cas de courant différentiel résiduel

Les DD doivent fonctionner dans les conditions prescrites au 9.9.1.

8.5.2 En cas de surintensité

Les DD doivent satisfaire aux exigences des 8.5.2.1 et 8.5.2.3.

8.5.2.1 Zone temps-surintensité normalisée

La caractéristique de déclenchement des DD doit assurer une protection adéquate contre les surintensités sans fonctionnement prématuré.

La zone de la caractéristique temps-courant (caractéristique de déclenchement) d'un DD est définie par les conditions et les valeurs indiquées au Tableau 10.

Ce tableau se rapporte à un DD fixé dans les conditions de référence (voir 9.2), fonctionnant à la température de calibrage de référence de 30° C avec une tolérance de $^{+5}_0$ °C (voir la note du Tableau 10).

La conformité est vérifiée par les essais spécifiés au 9.9.2.

Les essais peuvent être effectués à toute température de l'air jugée commode, les résultats devant se référer à une température de 30 °C au moyen des informations données par le constructeur.

En aucun cas la variation du courant d'essai du Tableau 10 ne doit excéder 1,2 % par degré K de variation de la température de calibrage.

Si les DD sont marqués pour une température de calibrage différente de 30 °C, ils sont essayés pour cette température différente.

NOTE Le constructeur doit pouvoir donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures de calibrage différentes de la valeur de référence.

Tableau 10 – Caractéristiques opératoires temps-courant

Essai	Type	Courant d'essai	Conditions initiales	Durée limite du temps de déclenchement ou de non-déclenchement	Résultats à obtenir	Observations
a)	B, C, D	$1,13 I_n$	Etat froid ^a	$t \leq 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t \leq 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Pas de déclenchement	
b)	B, C, D	$1,45 I_n$	Immédiatement après l'essai ^a	$t < 1 \text{ h}$ (pour $I_n \leq 63 \text{ A}$) $t < 2 \text{ h}$ (pour $I_n > 63 \text{ A}$)	Déclenchement	Courant croissant régulièrement en moins de 5 s
c)	B, C, D	$2,55 I_n$	Etat froid ^a	$1 \text{ s} < t < 60 \text{ s}$ (pour $I_n \leq 32 \text{ A}$) $1 \text{ s} < t < 120 \text{ s}$ (pour $I_n > 32 \text{ A}$)	Déclenchement	
d)	B C D	$\frac{3}{5} I_n$ $\frac{5}{10} I_n$ $\frac{10}{10} I_n$	Etat froid ^a	$t \leq 0,1 \text{ s}$	Pas de déclenchement	Courant obtenu par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
e)	B C D	$\frac{5}{10} I_n$ $\frac{10}{20} I_n$ ^b $\frac{20}{20} I_n$	Etat froid ^a	$t < 0,1 \text{ s}$	Déclenchement	Courant obtenu par la fermeture d'un interrupteur auxiliaire
^a Le terme «état froid» signifie sans charge préalable, à la température de calibrage de référence.						
^b $50 I_n$ pour certaines applications.						

8.5.2.2 Grandeurs conventionnelles

a) Temps conventionnel

Le temps conventionnel est 1 h pour les DD de courant assigné jusqu'à 63 A inclus et 2 h pour les DD de courant assigné supérieur à 63 A.

b) Surintensité conventionnelle de non-déclenchement (I_{nt})

La surintensité conventionnelle de non-déclenchement d'un DD est 1,13 fois son courant assigné.

c) Surintensité conventionnelle de déclenchement (I_t)

La surintensité conventionnelle de déclenchement d'un DD est 1,45 fois son courant assigné.

8.5.2.3 Caractéristiques de déclenchement par surintensité

La caractéristique de déclenchement par surintensité des DD doit se situer à l'intérieur de la zone définie au 8.5.2.1.

NOTE Des conditions de température et de montage différentes de celles spécifiées au 9.2 (par exemple: montage dans une enveloppe spéciale, groupement de plusieurs DD dans la même enveloppe, etc.) peuvent affecter la caractéristique de déclenchement des DD.

Le constructeur doit être à même de donner des informations sur la variation de la caractéristique de déclenchement pour des températures ambiantes différentes de la valeur de référence à l'intérieur des limites du 7.1.

8.5.2.4 Effet de la température de l'air ambiant sur la caractéristique de déclenchement par surintensité

Les températures ambiantes autres que la température de référence à l'intérieur des limites de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ne doivent pas affecter de façon inacceptable la caractéristique de déclenchement par surintensité des DD.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9.2.3.

8.6 Endurance mécanique et électrique

Les DD doivent être capables d'effectuer le nombre d'opérations mécaniques et électriques appropriées.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.10.

8.7 Tenue aux courants de courts-circuits

Les DD doivent pouvoir effectuer un nombre spécifié d'opérations en court-circuit, pendant lesquelles ils ne doivent ni mettre en danger l'opérateur ni donner naissance à un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.12.

8.8 Résistance aux chocs mécaniques

Les DD doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes qui leur sont imposées pendant l'installation et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.13.

8.9 Résistance à la chaleur

Les DD doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.14.

8.10 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures en matière isolante des DD ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent à leur voisinage une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matériau isolant est considérée vérifiée par les autres essais de cette norme.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai du 9.15.

8.11 Dispositif de contrôle

Les DD doivent être munis d'un dispositif de contrôle conçu pour simuler le passage à travers le dispositif de détection d'un courant différentiel, en vue de permettre la vérification périodique de l'aptitude au fonctionnement du dispositif différentiel.

NOTE Le dispositif de contrôle est destiné à vérifier la fonction déclenchement et non la valeur pour laquelle le fonctionnement est effectif, en ce qui concerne le courant de fonctionnement différentiel assigné et les temps de fonctionnement.

Les ampères-tours produits par le fonctionnement du dispositif de contrôle d'un DD alimenté à sa tension assignée ou à la plus élevée de la plage de tensions, s'il y a lieu, ne doivent pas dépasser 2,5 fois les ampères-tours produits quand un courant différentiel égal à $I_{\Delta n}$ circule à travers l'un des pôles du DD.

Dans le cas de DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel de fonctionnement (voir 4.4), on doit utiliser le réglage le plus bas pour laquelle le DD a été conçu.

Le dispositif de contrôle doit satisfaire à l'essai spécifié au 9.16.

Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas être mis sous tension lorsque le dispositif de contrôle est manœuvré.

Il ne doit pas être possible, lors du fonctionnement du dispositif de contrôle, d'alimenter le circuit côté aval quand le DD est en position d'ouverture et connecté comme en usage normal.

Le dispositif de contrôle ne doit pas être le seul moyen d'exécution de l'ouverture et il n'est pas prévu pour remplir cette fonction.

8.12 Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation

Les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation doivent fonctionner correctement pour toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 0,85 et 1,1 fois sa valeur nominale; pour ce faire, les DD multipolaires doivent avoir toutes leurs voies de courant alimentées par les phases correspondantes et le neutre, s'il y a lieu.

La conformité est vérifiée par l'essai du 9.17 avec les conditions d'essai supplémentaires spécifiées au 9.9.1.2.

Selon leur classification, les DD doivent répondre aux conditions indiquées au Tableau 11.

Tableau 11 – Spécifications pour les DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation

Classification de l'appareil selon 4.1		Comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation
DD s'ouvrant automatiquement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (4.1.2.1)	Sans retard	Ouverture non temporisée selon les conditions du 9.17.2 a)
	Avec retard	Ouverture temporisée selon les conditions d'essai du 9.17.2 b). Le fonctionnement correct pendant le retard doit être contrôlé selon le 9.17.3
DD ne s'ouvrant pas automatiquement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (4.1.2.2)		Pas d'ouverture

8.13 Vide

8.14 Comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension

Les DD doivent supporter de façon appropriée les ondes de courant à la terre dues à la charge des capacités de l'installation et les ondes de courant à terre dues à des amorçages dans l'installation. Les DD du type S doivent en outre avoir une résistance appropriée contre les déclenchements indésirables en cas d'ondes de courant à la terre dues à des amorçages dans l'installation.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.19.

8.15 Comportement des DD en cas de courant de défaut à la terre comprenant une composante continue

Les DD doivent pouvoir fonctionner correctement en présence de courants de défaut à la terre comprenant une composante continue en accord avec leur classification.

La conformité est vérifiée par les essais du 9.9.3.

8.16 Fiabilité

Les DD doivent encore fonctionner de façon sûre, même après un long service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par l'essai des 9.22 et 9.23.

8.17 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les DD doivent fonctionner de façon sûre, même en présence de phénomènes électromagnétiques, et doivent satisfaire aux exigences du CEM spécifié.

La vérification est effectuée par les essais du 9.24.

9 Essais

9.1 Généralités

9.1.1 La vérification des caractéristiques des DD est effectuée par les essais de type.

La liste des essais de type spécifiée par la présente norme est indiquée au Tableau 12.

Tableau 12 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3
– Sûreté des vis, parties transportant le courant et connexions	9.4
– Sûreté des bornes pour conducteurs externes	9.5
– Protection contre les chocs électriques	9.6
– Propriétés diélectriques	9.7
– Echauffements	9.8
– Caractéristique de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10
– Mécanisme à déclenchement libre	9.11
– Court-circuit ^a	9.12
– Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	9.13
– Résistance à la chaleur	9.14
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.15
– Fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée	9.16
– Comportement du DD en cas de défaillance de la tension d'alimentation pour les DD classés selon le 4.1.2.1.	9.17
– Résistance aux déclenchements indésirables dus à des ondes de courant	9.19
– Fiabilité	9.22
– Vieillessement des composants électroniques	9.23
– Compatibilité électromagnétique (CEM)	9.24
– Résistance à la rouille	9.25
^a Ceci comprend plusieurs essais.	

9.1.2 En vue d'une certification, les essais de type sont effectués selon une séquence d'essais.

NOTE Le terme «certification» recouvre:

- soit l'autocertification par le constructeur;
- soit la certification par une tierce partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Les séquences d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués en Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque essai de type (ou séquence d'essais de type) est effectué sur des DD neufs et à l'état propre, les grandeurs d'influence ayant leurs valeurs de référence normales (voir Tableau 6).

9.1.3 Les essais individuels effectués par le constructeur sur chaque appareil sont donnés en Annexe D.

9.2 Conditions d'essais

Le DD est monté individuellement, selon les instructions du constructeur, et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement, et est protégé contre des variations de températures exagérées.

Les DD prévus pour être installés dans des enveloppes individuelles sont essayés dans la plus petite des enveloppes spécifiées par le constructeur.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour n'accepter qu'un seul dispositif.

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, le DD est équipé des conducteurs appropriés de sections S spécifiées au Tableau 13 et fixé sur un panneau de contre-plaqué peint en noir mat d'au moins 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation étant conforme aux exigences de montage recommandées par le constructeur.

Tableau 13 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés

Valeurs du courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$	$63 < I_n \leq 80$	$80 < I_n \leq 100$	$100 < I_n \leq 125$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50

NOTE 2 Pour les conducteurs AWG, voir Annexe ID.

En l'absence de spécifications sur les tolérances, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles qui sont spécifiées dans la présente norme. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée $\pm 5 \%$.

Pendant les essais, l'entretien et le démontage des échantillons ne sont pas autorisés.

Pour les essais des 9.8, 9.9, 9.10, 9.22.2 et 9.23, le DD est connecté comme suit:

- les connexions sont faites au moyen de conducteurs à âme massive en cuivre, isolés au PVC;
- les connexions sont à l'air libre et leur écartement ne doit pas être inférieur à la distance entre les bornes;
- la longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de
 - 1 m pour les sections inférieures ou égales à 10 mm²,
 - 2 m pour les sections supérieures à 10 mm².

Les couples de serrage qui doivent être appliqués aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés au Tableau 14.

Dans le cas de DD à opération manuelle dépendante, le disjoncteur différentiel doit être manœuvré avec une vitesse de manoeuvre, pendant sa mise en oeuvre pour les essais de 9.10 et de 9.12 de $0,1 \text{ m/s} \pm 25 \%$. Cette vitesse est mesurée quand et où l'organe de manoeuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manoeuvre du disjoncteur. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manoeuvre du DD en essai.

NOTE 3 Au Japon, à la demande du fabricant, la vitesse de manoeuvre du disjoncteur différentiel peut différer pour les essais en 9.10 et 9.12.

9.3 Vérification de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et pendant 15 s encore avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, température d'ébullition finale d'environ 69 °C et de masse spécifique de 0,68 g/cm³).

Le marquage par empreinte, moulage ou gravure n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Après la totalité des essais de la présente norme, le marquage doit aussi être facilement lisible.

Il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.

9.4 Vérification de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité avec les exigences du 8.1.4 est vérifiée par examen et pour les vis et écrous qui sont manœuvrés lors de la connexion du DD par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- 5 fois dans les autres cas.

Les vis ou écrous s'engageant dans un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'un tournevis d'essai ou d'une clef appropriée, en appliquant le couple indiqué au Tableau 14.

Les vis ou écrous ne doivent pas être serrés par un mouvement régulier et continu.

L'essai est effectué uniquement avec des conducteurs rigides ayant les sections les plus élevées spécifiées au Tableau 8, massif, ou câblé selon le cas le plus défavorable. Le conducteur est retiré chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré.

Tableau 14 – Diamètres des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

La colonne I s'applique aux vis sans tête si la vis, lorsqu'elle est serrée, ne dépasse pas du trou, et les autres vis qui ne peuvent être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et aux écrous qui sont serrés par d'autres moyens qu'un tournevis.

Lorsqu'une vis est à tête hexagonale fendue et peut être serrée à l'aide d'un tournevis et que les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en appliquant à la tête hexagonale le couple spécifié à la colonne III puis en appliquant sur un autre échantillon le couple spécifié à la colonne II au moyen d'un tournevis. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas prendre de jeu et on ne doit constater aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur du DD.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Vérification de la sûreté des bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre

La conformité avec les exigences du 8.1.5 est vérifiée par examen, par l'essai du 9.4, un conducteur rigide de la plus grande section spécifiée au Tableau 8 étant placé dans la borne (pour les sections nominales supérieures à 6 mm², on utilise un conducteur rigide câblé, pour les autres sections, un conducteur massif), et par les essais des 9.5.1, 9.5.2 et 9.5.3.

Ces derniers essais sont effectués à l'aide d'un tournevis ou d'une clef d'essai appropriée en appliquant un couple comme indiqué au Tableau 14.

9.5.1 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs, câblés ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées au Tableau 8.

Les bornes doivent être appropriées à tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf indication contraire du fabricant.

Les bornes doivent être testées avec la section minimale et maximale de chaque type de conducteurs sur les nouvelles bornes comme suit:

- Les essais pour conducteurs massifs doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 6 mm², le cas échéant;
- Les essais pour conducteurs câblés doivent utiliser des conducteurs de section 1,5 mm² à 50 mm², le cas échéant;
- Les essais pour conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 35 mm², le cas échéant.

NOTE Une information sur les AWG est donnée à l'Annexe ID.

Le conducteur est inséré dans une nouvelle borne à la distance minimale prescrite ou si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement du brin.

Les vis de serrage sont alors serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction de la valeur, en Newton, indiquée au Tableau 15, en fonction de la section correspondante du conducteur testé.

La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe de l'espace du conducteur.

Lorsqu'il est nécessaire, les valeurs d'essai, pour les différentes sections de la force de traction concernée, doivent être clairement indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 15 – Forces de traction

Section du conducteur inséré dans la borne mm ²	Au-dessus de 1 et jusqu'à 4 inclus	Au-dessus de 4 et jusqu'au à 6 inclus	Au-dessus de 6 et jusqu'au à 10 inclus	Au-dessus de 10 et jusqu'au à 16 inclus	Au-dessus de 16 et jusqu'au à 50 inclus
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas bouger de façon appréciable dans la borne.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées au Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas qui est le plus défavorable et les vis des bornes sont serrées, avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Les vis des bornes sont alors desserrées et on examine la partie du conducteur qui peut avoir été affectée par la borne.

Les conducteurs ne doivent pas montrer de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de façon majeure s'ils laissent apparaître des empreintes profondes ou des entailles.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas prendre de jeu et on ne doit constater aucun dommage tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers qui nuiraient à l'usage ultérieur de la borne.

9.5.3 Les bornes sont munies de la plus grande section indiquée au Tableau 8 pour le conducteur en cuivre câblé et/ou souple.

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement d'un brin. La vis ou l'écrou de serrage est alors serré avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 14.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé en dehors de la borne.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence est applicable aux parties des DD qui sont accessibles à l'utilisateur quand ils sont montés comme en usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'épreuve normalisé de la Figure 3 sur le DD monté comme en usage normal (voir note du 8.2) et équipé de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section qui peuvent être connectés au DD.

Le doigt d'épreuve normalisé doit être conçu de façon telle que chacune des sections puisse être tournée d'un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'épreuve est appliqué dans toutes les positions possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour montrer un contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact, la tension étant d'au moins 40 V. Le doigt d'épreuve ne doit pas toucher de parties actives.

Les DD avec enveloppes ou capots en matériau thermoplastique sont soumis à l'essai additionnel suivant, qui est effectué à une température ambiante de $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les DD étant à cette température.

Les DD sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'épreuve rigide de mêmes dimensions que le doigt d'épreuve normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les endroits où un excès de souplesse du matériau isolant pourrait compromettre la sécurité du DD; il n'est pas appliqué aux parois minces défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou capots ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties sous tension puissent être touchées avec le doigt d'épreuve rigide.

Les DD ouverts ayant des parties non prévues pour être couvertes par une enveloppe sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique, et montés comme en usage normal.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Résistance à l'humidité

9.7.1.1 Préparation du DD pour les essais

Les parties qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont retirées et soumises au traitement d'humidité avec la partie principale, les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les entrées de câbles, s'il en existe, sont laissées ouvertes; s'il existe des entrées défonçables, l'une d'elles est défoncée.

9.7.1.2 Conditions d'essai

Le traitement d'humidité est effectué dans une enceinte humide dont l'air a une humidité relative maintenue entre 91 % et 95 %.

La température de l'air, à tous les endroits où l'échantillon est placé, est maintenue à ± 1 °C près à une valeur quelconque convenable T comprise entre 20 °C et 30 °C.

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre la température T °C et T °C + 4 °C.

9.7.1.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE 1 On peut obtenir une humidité relative comprise entre 91 % et 95 % en plaçant dans l'enceinte humide une solution saturée d'eau et de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3), présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande.

NOTE 2 Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer la circulation permanente de l'air et, en général, d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.1.4 Etat du DD après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme et doit satisfaire aux essais des 9.7.2, 9.7.3, 9.7.4, 9.7.6 et 9.7.7.2 (si applicable).

9.7.2 Résistance d'isolement du circuit principal

Le DD ayant été traité comme spécifié au 9.7.1, il est ensuite retiré de l'enceinte humide.

Après une période de repos comprise entre 30 min et 60 min après le traitement, on mesure la résistance d'isolement 5 s après avoir appliqué une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre suivant:

- a) le DD étant en position d'ouverture, successivement sur chaque pôle entre chaque paire de bornes qui sont électriquement reliées ensemble lorsque le DD est en position de fermeture;
- b) le DD étant en position de fermeture successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux, les composants électroniques raccordés entre les voies de courant étant déconnectés pour cet essai;

- c) le DD étant en position de fermeture, entre toutes les bornes reliées entre elles et la masse, y compris une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface extérieure de l'enveloppe du matériau isolant mais avec les zones des bornes laissées complètement libres pour éviter la production d'amorçage entre les bornes et la feuille métallique;
- d) entre les parties métalliques du mécanisme et la masse;
NOTE Un accès aux parties métalliques du mécanisme peut être spécialement prévu pour cette mesure.
- e) pour les DD sous enveloppe métallique avec revêtement intérieur en matière isolante entre la masse et une feuille de métal en contact avec la surface intérieure du revêtement intérieur en matière isolante, s'il y a lieu, y compris les manchons et les dispositifs analogues.

Les mesures a), b et c) sont effectuées après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Le terme «masse» comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille de métal en contact avec les surfaces en matière isolante qui sont accessibles après installation dans les conditions normales d'emploi;
- la surface sur laquelle la base du DD est montée, revêtue si nécessaire, d'une feuille métallique;
- les vis et autres dispositifs pour la fixation de la base sur son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées pour le montage du DD;
- les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées au 8.2.

Si le DD est muni d'une borne destinée à l'interconnexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures relatives aux points b), c), d) et e), la feuille métallique est appliquée de façon telle que la matière de remplissage s'il en existe, soit effectivement essayée.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 M Ω pour les mesures relatives aux points a) et b);
- 5 M Ω pour les autres mesures.

9.7.3 Rigidité diélectrique du circuit principal

Après que le DD a satisfait aux essais du 9.7.2, on applique la tension d'essai spécifiée pendant 1 min entre les parties indiquées au 9.7.2, les composants électroniques, s'il y a lieu, étant déconnectés pour l'essai.

La tension d'essai doit être de forme pratiquement sinusoïdale et sa fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source du courant d'essai doit pouvoir fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun déclencheur à maximum de courant ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être les suivantes:

- 2 000 V pour les points a) à d) du 9.7.2.
- 2 500 V pour le point e) du 9.7.2.

On commence par appliquer une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur prescrite, puis on l'élève en moins de 5 s à la pleine valeur.

Il ne doit se produire ni contournement ni perforation pendant l'essai.

Il n'est pas tenu compte des décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension.

9.7.4 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

- a) Les mesures de résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement et de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.

Si en service normal, des composants électroniques sont connectés au circuit principal, les connexions temporaires doivent être faites de façon que, pendant les essais, aucune tension n'apparaisse entre les entrées et les sorties de ces composants.

- b) Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:
- entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et la masse;
 - lorsque cela est possible, entre chaque partie du circuit auxiliaire pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble, à une tension continue de 500 V environ, après que la tension a été appliquée pendant 1min.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) Une tension sensiblement sinusoïdale, à la fréquence assignée, est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).

Les valeurs de tension à utiliser sont indiquées dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires

Tension assignée du ou des circuits auxiliaires (alternative ou continue) V		Tension d'essai V
Supérieure à	Jusqu'à et y compris	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la tension spécifiée. Elle est ensuite augmentée de façon continue jusqu'à sa pleine valeur en un temps qui ne doit pas être inférieur à 5 s ni supérieur à 20 s.

Pendant l'essai, aucune perforation ni contournement ne doit apparaître.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension ne sont pas notées.

NOTE 2 Dans le cas de DD où le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais doivent être faits sur des échantillons spécialement préparés par le constructeur ou selon ses instructions.

NOTE 3 Les circuits auxiliaires ne comprennent pas le circuit de commande des DD dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation.

NOTE 4 Les circuits de commande autres que ceux du circuit secondaire des transformateurs de détection et des circuits de commande connectés au circuit principal sont soumis aux mêmes essais que les circuits auxiliaires.

9.7.5 Circuit secondaire des transformateurs de détection

Le circuit qui comprend le circuit secondaire d'un transformateur de détection n'est soumis à aucun essai pour autant qu'il n'est pas relié à une masse, à un conducteur de protection ou à des parties actives.

9.7.6 Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement

L'essai est effectué sur un DD fixé sur un support métallique, en position fermée, tous les circuits de commande étant connectés comme en service.

On utilise une source à une tension continue ayant les caractéristiques suivantes:

- tension à vide: $600 \text{ V} \begin{smallmatrix} +25 \\ 0 \end{smallmatrix}$

NOTE Cette valeur est provisoire.

- taux d'ondulation maximal: 5 %
où

$$\text{taux d'ondulation (\%)} = \frac{\text{valeur max.} - \text{valeur moy.}}{\text{valeur moy.}} \times 100$$

- courant de court-circuit: $12 \text{ mA} \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mA.

Chaque pôle est essayé tour à tour pendant 1 min, les autres pôles étant connectés au châssis.

Après ce traitement, le DD doit être capable de satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c).

9.7.7 Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts

9.7.7.1 Procédure d'essai général de la tenue aux tensions de choc

Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de $1,2 \mu\text{s}$, et un temps à mi-hauteur de $50 \mu\text{s}$, les tolérances étant les suivantes:

- $\pm 5 \%$ pour la valeur crête;
- $\pm 30 \%$ pour le temps de montée;
- $\pm 20 \%$ pour le temps de mi-hauteur.

Pour chaque essai, cinq ondes de choc positives et cinq ondes de choc négatives sont appliquées, l'intervalle entre les ondes consécutives étant d'au moins 1 s pour les ondes de même polarité et d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.

Lorsque l'essai de tension de choc est effectué sur le DD complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il faut s'assurer que la valeur requise de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement en essai.

L'impédance de l'appareil d'essai ne doit pas avoir une valeur nominale supérieure à 500Ω

NOTE 1 Dans 9.7.7.2, pour la vérification des distances d'isolement dans l'isolation principale sur un DD complet, une très faible impédance du générateur est nécessaire pour l'essai. A cet effet, un générateur hybride avec une impédance virtuelle de 2Ω est approprié si les composants internes ne sont pas déconnectés avant l'essai.

Cependant, dans tous les cas, une mesure de la tension d'essai correcte directement à la distance d'isolement est nécessaire.

La forme des ondes de choc est ajustée, le DD en essai étant raccordé au générateur de tension. A cet effet, des diviseurs de tension appropriés et un détecteur de tension doivent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les composants de protection contre les surtensions avant de l'essai.

NOTE 2 Pour les DD avec parafoudre incorporé qui ne peut pas être déconnecté, la forme des ondes est ajustée sans connexion du DD au générateur de tension.

De petites oscillations sont admises dans les ondes de choc, sous réserve que leur amplitude près de la crête de l'onde de choc soit inférieure à 5 % de la valeur crête.

Pour les oscillations de la première moitié du front, des amplitudes allant jusqu'à 10 % de la valeur crête sont admises.

Aucune décharge disruptive (amorçage, contournement ou perforation) ne doit apparaître pendant l'essai.

NOTE 3 L'utilisation d'un oscilloscope est recommandée pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.7.2 Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc

Si la mesure des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 7 et les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) montrent une réduction de la longueur requise, le présent essai s'applique. Cet essai est effectué immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement du 9.7.4.

NOTE La mesure des distances d'isolement peut être remplacée par cet essai.

L'essai est effectué sur un DD en position fermée, fixé sur un support métallique.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 19 en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DD donnée au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués selon le Tableau 19.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux,
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connecté entre eux,
- et le pôle ou chemin du neutre du DD, le cas échéant.

Une troisième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre les dispositifs donnés en 9.7.2 b), c), d) et e) et non essayés au cours des deux premières séquences décrites ci-dessus.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si, toutefois, une seule décharge disruptive non intentionnelle apparaissait, dix chocs supplémentaires ayant la même polarité que celui qui a causé la décharge disruptive seraient appliqués, les connexions étant les mêmes que celles avec lesquelles le défaut est apparu.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

Tableau 19 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$				
	kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

Chaque pôle des DD ayant été soumis à un des essais applicables de 9.12.11.2.1, 9.12.11.2.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 b), 9.12.11.4 c) est alimenté à une tension égale à 1,1 fois sa tension de fonctionnement assignée, le DD étant en position ouverte.

Le courant de fuite entre les contacts ouverts est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.7.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal

9.7.7.4.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit au 9.7.1.

NOTE Les essais en 9.7.7.4, comme indiqués dans les exigences du 8.1.3, sont à effectuer avant 9.7.1 sur trois échantillons de la séquence d'essai B.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 28, en accord avec la tension assignée de l'installation pour laquelle le DD est destiné à être utilisé comme donné au Tableau 5. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 28.

Tableau 28 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DD et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement

Tension nominale de l'installation V	Tension d'essai en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$ kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Système monophasé avec point milieu à la terre 120/240 a)	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Système monophasé 120/240 240 b)	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Systèmes triphasés 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
a) Pour les habitudes d'installation au Japon.					
b) Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.					

9.7.7.4.2 DD en position ouverte

La série d'essais est effectuée sur un DD fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes d'alimentation raccordées entre elles;
- et les bornes de sortie raccordées entre elles, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.

9.7.7.4.3 DD en position fermée

La série d'essais est effectuée sur un DD fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position fermée.

Tous les composants reliant l'isolation principale doivent être déconnectés.

NOTE Si nécessaire, des échantillons séparés peuvent être préparés par le constructeur.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connecté entre eux;
- et le pôle ou chemin du neutre du DD.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si, toutefois, une seule décharge disruptive non intentionnelle apparaissait, dix impulsions supplémentaires ayant la même polarité que celle qui a causé la décharge disruptive seraient appliquées, les connexions étant les mêmes que celles avec lesquelles le défaut est apparu.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

Par la suite, un nouvel échantillon est essayé conformément à 9.7.7.5.

9.7.7.5 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Un nouvel échantillon de DD est essayé afin de vérifier que les composants reliant l'isolation principale ne réduisent pas la sécurité à l'égard de surtensions temporaires de courte durée.

NOTE 1 Il est nécessaire de s'assurer que les composants, reliant l'isolation principale et ayant été déconnectés pendant l'essai de tension de choc pour tester l'isolation principale, ne gênent pas le comportement ou la sécurité de l'isolation principale de l'appareil pendant l'usage normal.

La tension d'essai a une fréquence de 50/60 Hz. Conformément à la CEI 60364-4-44:2007, Tableau 44.A2, et à la CEI 60664-1, la valeur efficace de la tension d'essai pour l'isolation principale est de $1\,200\text{ V} + U_0$. U_0 est la valeur de tension nominale entre la ligne et le neutre.

NOTE 2 L'essai est exécuté seulement sur le DD, où les composants reliant l'insulation principale doivent être déconnectés pendant l'essai des impulsions de 9.7.7.4.3.

NOTE 3 A titre d'exemple, pour un DD avec une tension nominale $U_0 = 250\text{ V}$, la valeur de la tension d'essai (courant alternatif) pour l'isolation principale est $1200\text{ V} + 250\text{ V}$, donc la valeur efficace de la tension d'essai est 1450 V .

La tension est appliquée pendant 5 s entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

L'appareil est ensuite inspecté visuellement, aucun élément reliant l'isolation principale ne devant montrer d'altération visible.

NOTE 4 Il est admis de remplacer un fusible avant de connecter l'appareil au secteur. Si un fusible assurant la protection d'un parafoudre a sauté, il est admis de remplacer également le parafoudre.

Ensuite, l'appareil est raccordé au secteur, conformément aux instructions du fabricant. Selon les conditions de 9.9.1.2 c) le DD doit satisfaire au essai de courant à $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai est effectué uniquement sur un pôle, pris au hasard, sans mesure de temps de fonctionnement.

Cet essai ne s'applique pas aux dispositifs avec neutre solide.

9.8 Essais d'échauffement

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples disposés symétriquement autour du DD à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du DD.

Les thermomètres ou thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

NOTE Il convient de prendre garde aux brusques variations de température de façon à éviter les erreurs.

9.8.2 Procédure d'essai

On fait passer un courant égal à I_n simultanément par tous les pôles du DD pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique. En pratique, cette condition est atteinte quand la variation de température ne dépasse pas 1 K par heure.

Pour les DD tétrapolaires, on effectue l'essai d'abord en faisant passer le courant par les trois pôles de phase seulement.

On répète ensuite l'essai en faisant passer le courant par le pôle destiné à être connecté au neutre et le pôle adjacent au neutre.

Pendant l'essai, les échauffements ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 9.

9.8.3 Mesure de la température des différentes parties

La température des différentes parties spécifiées au Tableau 9 doit être mesurée au moyen de couples thermoélectriques à fils fins ou moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud accessible.

On doit assurer une bonne conductivité thermique entre le couple thermoélectrique et la surface de la partie en essai.

9.8.4 Echauffement d'un élément

L'échauffement d'un élément est la différence entre la température de cet élément mesurée conformément au 9.8.3, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément au 9.8.1.

9.9 Vérification de la caractéristique de fonctionnement

9.9.1 Vérification des caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courants résiduels

9.9.1.1 Circuit d'essai et modalités d'essai

Le DD est installé comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable. Pour les essais conformément au 9.9.1.2, le circuit d'essai doit correspondre à la Figure 4. Pour les essais conformément au 9.9.1.3, le circuit d'essai doit correspondre à la Figure 5 ou 6, le cas échéant.

Les appareils pour la mesure du courant différentiel doivent afficher (ou permettre de déterminer) la vraie valeur efficace.

NOTE L'information sur l'instrument de mesure est disponible à l'adresse internet suivante (en anglais):

http://www.iecee.org/ctl/sheet/pdf/CTL%20DSH%20251B%20Beijing%202009_05_15.pdf

Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à vide à une température de référence de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Le DD doit être soumis aux essais du 9.9.1.2, 9.9.1.3 et 9.9.1.4, le cas échéant. Chaque essai est effectué sur un seul pôle pris au hasard, avec cinq mesures du temps, sauf indications contraire.

Pour les DD ayant plus d'une fréquence assignée, les essais doivent être effectués à la fréquence la plus basse et à la fréquence la plus élevée, exception faite pour l'essai du 9.9.1.2 e) où la vérification est faite à une seule fréquence.

Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel les essais doivent être faits pour chaque réglage.

9.9.1.2 Essais pour tous les DD

Les conditions d'essais conformes au 9.9.1.1 s'appliquent à tous les DD.

a) Vérification du fonctionnement correct en cas de croissance régulière du courant différentiel

Les interrupteurs d'essais S_1 et S_2 et le DD en essai étant fermés, on fait croître progressivement le courant différentiel, à partir d'une valeur au plus égale à $0,2 I_{\Delta n}$ jusqu'à essayer d'atteindre $I_{\Delta n}$ en moins de 30 s, le courant de déclenchement étant mesuré chaque fois.

Les cinq valeurs mesurées doivent être comprises entre $I_{\Delta no}$ et $I_{\Delta n}$.

b) Vérification du fonctionnement correct en cas de fermeture sur courant différentiel

Le circuit d'essai étant étalonné pour la valeur assignée du courant différentiel de fonctionnement $I_{\Delta n}$ et les interrupteurs d'essais S_1 et S_2 étant préalablement fermés, on établit le courant en fermant le DD de façon à reproduire aussi fidèlement que possible les conditions de service. Cinq mesures du temps de fonctionnement sont effectuées. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée pour $I_{\Delta n}$ dans le Tableau 2, selon le type de DD.

c) Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courant résiduel

1) Tous types

Le circuit d'essai étant successivement étalonné à chaque valeur du courant résiduel spécifiée au Tableau 2, l'interrupteur d'essai S_2 et le DD étant en position fermée, la tension d'essai est établie brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S_1 .

Le DD doit déclencher à chaque essai.

Cinq mesures du temps de fonctionnement sont effectuées à chaque valeur du courant résiduel.

Aucune de ces valeurs ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées dans le Tableau 2.

2) Essai supplémentaire pour le type S

Le circuit d'essai étant successivement étalonné aux valeurs de courant résiduel spécifiées au Tableau 2, l'interrupteur d'essai S_1 et le DD étant en position fermée, le courant différentiel est établi brusquement en fermant l'interrupteur d'essai S_2 pendant des durées correspondant aux temps de non-réponse minimaux applicables avec une tolérance de $\begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$.

Chaque application du courant résiduel doit être séparée de la précédente par un intervalle de temps d'au moins 1 min.

Le DD ne doit déclencher pendant aucun des essais.

d) Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine de courants résiduels pour des valeurs comprises entre $5 I_{\Delta n}$ et 500 A

Le circuit d'essai est calibré aux deux valeurs convenables du courant résiduel sélectionné au hasard entre 5 A et 200 A, parmi les suivantes 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

NOTE En Australie la mesure du temps de fonctionnement est faite à 5 A, 10 A, 20 A, 50 A, 100 A, 200 A.

Le courant résiduel est établi par fermeture soudaine de l'interrupteur d'essai S_2 , l'interrupteur S_1 et le DD étant fermés.

Le DD doit déclencher à chaque essai. Le temps de fonctionnement ne doit pas être supérieur aux valeurs indiquées dans le Tableau 2.

L'essai est réalisé une fois pour chaque valeur de courant résiduel sur une borne seulement, choisie de manière aléatoire.

e) Vérification du fonctionnement correct, en charge

Les essais des 9.9.1.2 b) et 9.9.1.2 c) sont répétés, le DD étant chargé à son courant assigné.

Pour les essais du 9.9.1.2 c), l'interrupteur S_1 et le DD sont en position fermée. Le courant différentiel est établi en fermant S_2 .

f) Essais aux températures limites

Le DD doit satisfaire aux essais du 9.9.1.2 c) 1) successivement dans les conditions suivantes:

1) température ambiante $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, à vide;

2) température ambiante $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'appareil étant préalablement chargé au courant assigné, sous une tension convenable, jusqu'à l'obtention de l'équilibre thermique.

En pratique, ces conditions sont atteintes quand l'échauffement ne varie pas de plus de 1 K par heure.

Pour les essais de déclenchement décrit en 2), le débit du courant assigné peut être interrompu, à condition que la période totale d'interruption ne dépasse pas les 30 s. Dès que le total des périodes d'interruption atteint 30 s, le DD doit être de nouveau chargé au courant assigné pendant 5 min avant la mesure suivante du temps de déclenchement.

NOTE Le préchauffage peut être fait à tension réduite à 50 Hz ou 60 Hz, mais les circuits auxiliaires doivent être alimentés à leur tension normale d'emploi (en particulier pour les composants dépendants de la tension d'alimentation).

9.9.1.3 Vérification du fonctionnement correct des courants différentiels avec composante continue

Ce paragraphe s'applique aux DD du type A sous les conditions d'essai du 9.9.1.1.

- a) Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'un accroissement continu du courant différentiel continu pulsé

Les essais doivent être effectués en accord avec la Figure 5.

Les interrupteurs auxiliaires S_1 et S_2 et le DD doivent être fermés. Le thyristor approprié doit être commandé de telle façon que l'on puisse obtenir des angles de retard du courant α de 0° , 90° et 135° . Chaque pôle du DD doit être essayé deux fois pour chacun des angles de retard du courant pour la position I aussi bien que la position II de l'interrupteur auxiliaire S_3 .

A chaque essai le courant doit être augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement approximativement de $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n}$ est supérieur à 0,01 A et avec un taux d'accroissement de $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, à partir de zéro. Le courant de déclenchement doit être conforme aux valeurs du Tableau 26.

- b) Vérification du fonctionnement correct dans le cas d'apparition soudaine de courants différentiels continus pulsés

Les DD doivent être essayés selon la Figure 5.

Le circuit étant étalonné successivement aux valeurs spécifiées ci-après, l'interrupteur auxiliaire S_1 et le DD étant en position fermée, le courant différentiel est brusquement établi en fermant l'interrupteur S_2 .

L'essai est effectué à chaque valeur du courant différentiel spécifié au Tableau 3, en accord avec le type de DD.

Deux mesures du temps de fonctionnement sont effectuées pour chaque valeur du courant résiduel avec un angle de retard $\alpha = 0^\circ$, l'interrupteur auxiliaire S_3 étant en position I pour la première mesure et en position II pour la seconde mesure.

Aucune mesure ne doit dépasser les valeurs limites spécifiées.

- c) Vérification du fonctionnement correct, en charge

Les essais de 9.9.1.3 a) sont répétés, le pôle en essai et un autre pôle du DD étant chargés au courant assigné, ce courant étant établi peu de temps avant l'essai.

NOTE La mise en charge sous le courant assigné n'est pas indiquée à la Figure 5.

- d) Vérification du fonctionnement correct dans le cas de courant résiduel continu pulsé auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A

Le DD doit être essayé en accord avec la Figure 6 avec un courant de défaut redressé d'une demi-onde (angle de retard $\alpha = 0^\circ$) auquel est superposé un courant continu lissé de 0,006 A.

Chaque pôle du DD est essayé deux fois successivement dans chacune des positions I et II.

Le courant I_1 , d'une demi-onde étant augmenté de façon continue en partant de zéro avec un taux d'accroissement approximativement de $1,4 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} > 0,01$ A et $2 I_{\Delta n} / 30$ ampères par seconde pour les DD dont $I_{\Delta n} \leq 0,01$ A, le dispositif doit déclencher avant que ce courant I_1 d'une demi-onde atteigne une valeur maximale de $1,4 I_{\Delta n}$ ou $2 I_{\Delta n}$ respectivement.

9.9.1.4 Conditions d'essais particulières pour DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation

Pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, chaque essai est effectué à chacune des valeurs suivantes de la tension d'alimentation, appliquée aux bornes correspondantes: 1,1 et 0,85 fois la valeur assignée de la tension d'alimentation.

9.9.2 Vérification de la caractéristique de fonctionnement dans des conditions de surintensité

Cet essai a pour but de vérifier la conformité du DD avec les exigences du 8.5.2.

9.9.2.1 Essai de la caractéristique temps-courant

- a) On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid (voir Tableau 10), pendant le temps conventionnel (voir 8.5.2.1 et 8.5.2.2 a)) un courant égal à $1,13 I_n$ (valeur du courant conventionnel de non-déclenchement).

Le DD ne doit pas déclencher.

Le courant est ensuite augmenté de façon continue en 5 s au plus jusqu'à $1,45 I_n$ (valeur du courant conventionnel de déclenchement).

Le DD doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

- b) On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid un courant égal à $2,55 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 1 s, ou supérieure à

- 60 s pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 32 A,
- 120 s pour des courants assignés supérieurs à 32 A.

9.9.2.2 Vérification du déclenchement instantané

- a) Conditions générales d'essai

Pour les valeurs inférieures du courant d'essai indiquées, respectivement, dans les alinéas 9.9.2.2 b), 9.9.2.2 c) et 9.9.2.2 d), l'essai est effectué une fois, à toute tension convenable.

Pour les valeurs supérieures du courant d'essai, les deux essais suivants sont effectués:

- À toute tension convenable, une manoeuvre d'ouverture sur chaque combinaison de deux pôles connectés en série est effectuée. Le temps de déclenchement est mesuré et doit être dans les limites du Tableau 10.
- A la tension assignée U_0 (phase et neutre) avec un facteur de puissance entre 0,95 et 1 séparément sur chaque pôle du DD, la séquence d'opération suivante est effectuée:

O-t-CO-t-CO-t-CO

l'intervalle de temps, t , étant celui spécifié en 9.12.11.1. Le temps de déclenchement est mesuré lors de la manoeuvre O. Après chaque manoeuvre, l'organe d'indication doit montrer la position ouverte des contacts.

- b) Pour les DD du type B

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $3 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite, on applique à tous les pôles, en partant encore de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

- c) Pour les DD du type C

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $5 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite on fait passer par tous les pôles, en partant encore de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

- d) Pour les DD du type D

On fait passer par tous les pôles, en partant de l'état froid, un courant égal à $10 I_n$.

La durée d'ouverture ne doit pas être inférieure à 0,1 s.

Ensuite on fait passer par tous les pôles, et en partant encore de l'état froid, un courant égal à $20 I_n$ ou au courant de déclenchement instantané maximum (voir l'Article 6, point t).

Le DD doit déclencher en 0,1 s au plus.

9.9.2.3 Essai de l'effet de la température ambiante sur la caractéristique de déclenchement

La conformité est vérifiée par les essais suivants.

- a) On place le DD à une température ambiante inférieure de (35 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.

On fait passer par tous les pôles, pendant le temps conventionnel, un courant égal à $1,13 I_n$ (valeur du courant conventionnel de non-déclenchement). On augmente ensuite de façon continue le courant en 5 s au plus, jusqu'à $1,9 I_n$.

Le DD doit déclencher dans les limites du temps conventionnel.

- b) On place le DD à une température ambiante supérieure de (10 ± 2) K à la température de référence de l'air ambiant jusqu'à ce qu'il atteigne son état d'équilibre thermique.

On fait ensuite passer par tous les pôles un courant égal à I_n .

Le DD ne doit pas déclencher dans les limites du temps conventionnel.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Conditions générales de l'essai

Le DD est fixé sur un support métallique.

L'essai est effectué sous la tension d'emploi assignée et on règle le courant à la valeur du courant assigné au moyen de résistances et de bobines de réactance en série, connectées aux bornes aval.

Si l'on utilise des inductances sans fer, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par l'inductance est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si l'on utilise des inductances avec noyau de fer, les pertes de puissance de ces inductances ne doivent pas avoir d'influence appréciable sur la tension de rétablissement.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Le DD est raccordé au circuit par des conducteurs de dimensions indiquées au Tableau 13.

9.10.2 Procédure d'essais

Les DD sont soumis à 2 000 cycles de manœuvre, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le DD doit être manœuvré comme en usage normal.

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées de la façon suivante:

Pour les DD ayant un $I_{\Delta n} > 0,010$ A

- pour les 1 000 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- pour les 500 cycles de manœuvre suivants en agissant sur le dispositif d'essai;
- pour les 500 derniers cycles de manœuvre en faisant circuler un courant différentiel de fonctionnement à sa valeur $I_{\Delta n}$ dans un pôle.

Pour les DD ayant un $I_{\Delta n} \leq 0,010$ A

- pour les 500 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- pour les 750 cycles de manœuvre suivants en agissant sur le dispositif d'essai;
- pour les 750 derniers cycles de manœuvre en faisant circuler un courant différentiel de fonctionnement à sa valeur $I_{\Delta n}$ dans un pôle.

De plus le DD est soumis, sans charge, au moyen de l'organe de manœuvre à:

- 2 000 cycles de manœuvre sans charge pour les DD ayant un $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 cycles de manœuvre sans charge pour les DD ayant un $I_n > 25$ A.

La cadence de manœuvre est de:

- quatre cycles par minute pour les DD ayant un $I_n \leq 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s;
- deux cycles par minute pour les DD ayant un $I_n > 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s.

NOTE Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant différentiel, les essais sont faits au réglage le plus bas.

9.10.3 Etat du DD après les essais

Après les essais du 9.10.2, le DD ne doit pas présenter:

- d'usure anormale;
- de dommages à l'enveloppe permettant de toucher des parties actives avec le doigt d'épreuve normalisé;
- de desserrage de connexions électriques ou raccords mécaniques;
- d'écoulement de la matière de remplissage.

Le DD doit satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c) 1) mais seulement à $1,25 I_{\Delta n}$ sans mesure de temps de fonctionnement.

Le DD doit alors satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique comme spécifié au 9.7.3 pendant 1 min, mais à une tension de 900 V sans traitement préalable à l'humidité.

De plus, le DD doit satisfaire l'essai du 9.9.2.1 b).

9.11 Vérification du mécanisme à déclenchement libre

9.11.1 Conditions générales d'essai

Le DD est monté et équipé comme en usage normal.

Il est essayé dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est indiqué à la Figure 4.

9.11.2 Procédure d'essai

On fait passer un courant différentiel égal à $1,5 I_{\Delta n}$ en fermant l'interrupteur S_2 , le DD ayant été préalablement fermé et l'organe de manœuvre étant maintenu dans la position «fermé»: le DD doit déclencher.

Cet essai est répété en manœuvrant lentement l'organe de manœuvre du DD pendant environ 1 s jusqu'à la position où le courant commence à s'écouler. Le déclenchement doit s'effectuer sans autre mouvement de l'organe de manœuvre.

Les deux essais sont effectués trois fois, au moins une fois sur chaque pôle prévu pour être raccordé à une phase.

NOTE 1 Si le DD est muni de plus d'un organe de manœuvre, le fonctionnement en déclenchement libre est essayé dans toute position des organes de manœuvre.

NOTE 2 Pour les DD ayant plusieurs réglages de courant résiduel de fonctionnement, les essais sont faits pour chaque réglage.

9.12 Essais de court-circuit

9.12.1 Conditions générales d'essai

Les conditions de 9.12.1 à 9.12.12 sont applicables à tous les essais afin de vérifier le comportement des DD dans des conditions de court-circuit. Toutefois, pour les essais au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné, des exigences supplémentaires sont données au 9.12.13.

NOTE Pour les DD ayant plusieurs réglages du courant résiduel de fonctionnement, les essais sont effectués avec le réglage le plus bas.

Les essais normalisés pour la vérification des performances en court-circuit consistent en une série d'ouvertures et de fermetures appropriées à la performance à vérifier et résumées dans le Tableau 20.

Tous les DD sont essayés:

- à 500 A ou $10 I_n$, selon la valeur la plus grande, suivant le 9.12.11.2 et le 9.12.12.1;
- à 1 500 A suivant le 9.12.11.3 et le 9.12.12.1;
- au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné (voir 5.2.7) suivant les 9.12.13.1 et 9.12.13.2.

Les DD de pouvoir de coupure assigné supérieur à 1 500 A sont de plus essayés:

- au pouvoir de coupure de service en court-circuit (voir 3.4.6.2) dans les conditions des 9.12.11.4 b) et 9.12.12.1; le pouvoir de coupure de service en court-circuit est obtenu en multipliant le pouvoir de coupure assigné par un facteur, k , dont la valeur figure au Tableau 22;
- au pouvoir de coupure assigné (voir 5.2.6) dans les conditions des 9.12.11.4 c) et 9.12.12.2, si le facteur k est inférieur à 1, auquel cas de nouveaux échantillons doivent être utilisés.

Tableau 20 – Liste des essais de court-circuit

Type d'essai	DD à essayer	Vérification selon le paragraphe
Essai aux courants de court-circuit réduits (9.12.11.2)	Tous les DD	9.12.12.1
Essai à 1 500 A (9.12.11.3)		
Essai au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel assigné (9.12.13.1)		9.12.13.2
Essai au pouvoir de coupure de service (9.12.11.4 b))	DD ayant $I_{cn} > 1\,500\text{ A}$	9.12.12.1
Essai au pouvoir de coupure assignée (9.12.11.4 c))		9.12.12.2

9.12.2 Circuit d'essai pour la tenue au court-circuit

Les Figures 7, 8 et 9 donnent les diagrammes des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un DD unipolaire avec deux chemins de courant;
- un DD bipolaire (à un ou deux pôles protégés contre les surintensités);
- un DD tripolaire;
- un DD tripolaire avec quatre chemins de courant;
- un DD tétrapolaire.

Les résistances et réactances des impédances Z , Z_1 et Z_2 doivent pouvoir être ajustées pour satisfaire aux conditions d'essai spécifiées. Les bobines de réactance doivent de préférence être sans fer. Elles doivent toujours être connectées en série avec les résistances et leur valeur doit être obtenue par des couplages en série de bobines de réactance individuelles; la connexion en parallèle de bobines de réactance est autorisée si celles-ci ont pratiquement la même constante de temps.

Les caractéristiques de tension transitoire de rétablissement des circuits d'essais comportant des bobines de réactance sans fer n'étant pas représentatives des conditions de service normal, la bobine de réactance sans fer de chaque phase doit être shuntée par une résistance, r , absorbant approximativement 0,6 % du courant traversant la bobine (voir Figure 9). Si le fabricant est d'accord, cette résistance peut ne pas être utilisée.

Si des bobines de réactance avec noyau de fer sont utilisées, les pertes dues à la présence des noyaux en fer de ces bobines de réactance ne doivent pas dépasser les pertes qui seraient dues aux résistances connectées en parallèle avec les réactances sans fer.

Dans chaque circuit d'essai pour la vérification du pouvoir de coupure, les impédances Z sont insérées entre la source d'alimentation S et le disjoncteur en essai.

Quand les essais sont effectués avec des courants inférieurs au pouvoir de coupure assigné, les impédances additionnelles Z_1 doivent être insérées du côté aval du DD.

Pour les essais au pouvoir de coupure de service et au pouvoir de coupure différentiel assigné, le DD doit être raccordé à des câbles de 0,75 m de longueur par pôle et de section maximale correspondant au courant assigné, en conformité avec le Tableau 8.

NOTE Il est recommandé de connecter 0,5 m du côté amont et 0,25 m du côté aval du DD en essai.

L'interrupteur S_1 reste ouvert pendant tous les essais de court-circuit à l'exception des essais selon le 9.12.13.

Une résistance R_2 d'environ $0,5 \Omega$ est connectée en série avec un fil de cuivre, F , comme indiqué aux Figures 7 et 8.

Le fil de cuivre, F , doit avoir une longueur d'au moins 50 mm et

- 0,1 mm de diamètre pour les DD devant être essayés à l'air libre, montés sur un support métallique,
- 0,3 mm de diamètre pour les DD à essayer dans la plus petite enveloppe individuelle spécifiée par le fabricant.

Il doit y avoir un point et un seul du circuit d'essai raccordé directement à la terre; ce peut être la connexion de court-circuit du circuit d'essai ou le point neutre de la source ou tout autre point convenable. La manière dont est effectuée la mise à la terre doit être indiquée dans le compte rendu d'essai. Toutes les parties conductrices du DD normalement raccordées à la terre en service, y compris le support métallique, doivent être reliées au point neutre de la source ou à un neutre artificiel pratiquement non inductif.

Des résistances R_1 absorbant un courant de 10 A par phase sont connectées du côté amont du DD entre les impédances destinées à l'ajustement du courant présumé au pouvoir de coupure assigné et le DD.

Les capteurs de tension sont connectés

- entre les bornes du pôle pour les DD unipolaires;
- entre les bornes d'alimentation pour les DD multipolaires.

Sauf indication contraire figurant dans le compte rendu d'essais, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100 Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation, sont alimentés à la tension assignée (ou, s'il y a lieu, à la plus petite valeur de la plage de tensions assignées).

Le schéma du circuit d'essai doit être donné dans le compte rendu d'essai.

9.12.3 Valeur des grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de coupure assigné doivent être effectués aux valeurs indiquées par le constructeur, en accord avec les tableaux appropriés de la présente norme.

La valeur de la tension appliquée est celle qui est nécessaire pour produire la tension de rétablissement spécifiée à fréquence industrielle.

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle sur chaque phase doit être égale à une valeur correspondant à 105 % de la tension assignée du DD en essai.

NOTE La valeur de 105 % (± 5 %) de la tension assignée est destinée à couvrir les effets de variation du système de tension dans les conditions de service normal. La limite supérieure peut être augmentée, après accord du constructeur.

9.12.4 Tolérances sur les grandeurs d'essai

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les valeurs efficaces figurant dans le rapport d'essai diffèrent des valeurs spécifiées dans les limites suivantes:

– Courant:	$\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$
– Fréquence:	$\pm 5 \%$
– Facteur de puissance:	$\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$
– Tension (y compris la tension de rétablissement):	$\pm 5 \%$

9.12.5 Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé par une méthode reconnue, qui doit être indiquée dans le rapport d'essai. Deux exemples sont indiqués dans l'Annexe IA.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est pris égal à la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Les domaines des facteurs de puissance sont donnés au Tableau 21.

Tableau 21 – Domaines des facteurs de puissance pour le circuit d'essai

Courant d'essai I_{cc} A	Domaine correspondant des facteurs de puissance
$I_{cc} \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_{cc} \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_{cc} \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_{cc} \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_{cc} \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_{cc} \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

9.12.6 Mesures et vérification de I^2t et du courant de crête (I_p)

Pendant les essais des 9.12.11.2, 9.12.11.3 et 9.12.11.4 les valeurs de I^2t et de I_p doivent être mesurées.

Dans le cas des essais des DD dans des circuits triphasés, les valeurs de I^2t doivent être mesurées sur chaque pôle.

Les valeurs maximales de I^2t mesurées doivent être indiquées dans le rapport d'essai et ne doivent pas excéder les valeurs correspondantes de la caractéristique I^2t .

9.12.7 Etalonnage du circuit d'essai

9.12.7.1 Pour l'étalonnage du circuit d'essai, les liaisons G_1 et G_2 d'impédance négligeable par rapport à celle du circuit d'essai sont connectées aux emplacements indiqués en Figures 7 et 8.

9.12.7.2 Pour obtenir un courant présumé égal au pouvoir de coupure assigné du DD au facteur de puissance correspondant indiqué au Tableau 21 des impédances Z sont insérées du côté amont des liaisons G_1 .

9.12.7.3 Pour obtenir un courant d'essai inférieur au pouvoir de coupure assigné du DD, des impédances supplémentaires Z_1 sont insérées du côté aval des liaisons G_2 , comme indiqué aux Figures 7 et 8.

9.12.7.4 Pour obtenir un courant présumé égal au pouvoir de coupure différentiel en court-circuit avec un facteur de puissance correspondant à celui du Tableau 21, une impédance Z_2 est insérée comme indiqué en Figure 7.

9.12.8 Interprétation des enregistrements

- a) Détermination de la tension appliquée et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle sont déterminées d'après l'enregistrement correspondant à l'essai de coupure effectué avec le DD en essai. La tension appliquée est évaluée comme indiqué en Figure 13.

La tension côté amont doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après que les phénomènes haute fréquence ont disparu.

- b) Détermination du courant de court-circuit présumé

La composante alternative du courant présumé est prise égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage (valeur correspondant à A_2 de la Figure 13).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.12.9 Etat du DD pour les essais

Les DD doivent être essayés à l'air libre en conformité avec le 9.12.9.1, sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation en enveloppes spécifiées par le constructeur ou s'ils sont prévus seulement pour l'utilisation en enveloppes individuelles, auquel cas ils doivent être essayés selon le 9.12.9.2 ou, avec l'agrément du constructeur, selon le 9.12.9.1.

NOTE Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour n'accepter qu'un seul appareillage.

On doit faire fonctionner le DD en simulant d'aussi près que possible la manœuvre manuelle.

Les DD de type enfichable, qui sont normalement montés sur un support isolant, sont essayés sur ce support, ce dernier étant fixé sur le support métallique.

9.12.9.1 Essai à l'air libre

Le DD à essayer est installé comme il est décrit dans la Figure C.1.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant prescrites dans l'Annexe C sont placées, comme il est décrit à la Figure C.1, seulement pour les manœuvres d'ouverture (O).

La(les) grille(s) spécifiée(s) à l'Annexe C doit (doivent) être placée(s) de telle sorte que le volume des gaz ionisés émis la (les) traverse. Elle(s) doit (doivent) être placée(s) dans la(les) position(s) la(les) plus défavorable(s).

NOTE 1 Si l'emplacement des orifices d'échappement d'arc n'est pas évident, il convient que le constructeur fournisse l'information appropriée.

Le ou les circuits de grille (voir Figure C.3) doit ou doivent être connecté(s) aux points B et C comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai des Figures 7 et 8.

Le ou les circuits de grille (voir Figure C.3) doit ou doivent être connecté(s) aux points B et C comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai des Figures 8 à 12.

La résistance R' doit avoir une valeur de $1,5 \Omega$. Le fil de cuivre F' (voir Figure C.3) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les DD de tension assignée 230 V ou un diamètre de 0,16 mm pour les DD de tension assignée 400 V.

NOTE 2 Les valeurs pour les autres tensions sont à l'étude.

Pour les courants d'essai inférieurs ou égaux à 1 500 A la distance «a» doit être de 35 mm.

Pour les courants d'essai plus élevés, et jusqu'à I_{cn} , la distance «a» peut être accrue et/ou des barrières supplémentaires ou des dispositifs d'isolation peuvent être introduits selon la déclaration du constructeur; si «a» est augmentée, elle est alors choisie dans la série 40 – 45 – 50 – 55 – ... mm et déclarée par le constructeur.

9.12.9.2 Essais en enveloppes

La grille et la barrière en matériau isolant décrites en Figure C.1 ne sont pas utilisées.

L'essai doit être exécuté avec le DD installé dans le boîtier qui a la disposition constructive la plus défavorable.

NOTE Cela signifie que si des DD (ou d'autres appareils) sont normalement installés dans la ou les directions où la ou les grilles seraient placées, ils devraient y être installés. Ces appareils devraient être alimentés comme en usage normal, mais à travers F' et R' , comme défini en 9.12.9.1, et connectés comme décrit sur les Figures appropriées 7 et 8.

En accord avec les instructions du constructeur, des barrières ou d'autres moyens ou des distances d'isolement appropriées peuvent être nécessaires pour empêcher les gaz ionisés d'affecter l'installation.

La feuille de polyéthylène décrite à l'Annexe C est placée, comme le montre la Figure C.1, à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations «O» seulement.

9.12.10 Comportement du DD pendant les essais de court-circuit

Pendant les essais, le DD ne doit pas mettre en danger l'opérateur.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni amorçage entre les pôles ou entre les pôles et la masse, ni fusion du fusible F et, s'il y a lieu, du fusible F'.

9.12.11 Procédure d'essai

9.12.11.1 Généralités

L'essai consiste en une séquence de manœuvres. Les symboles suivants sont utilisés pour définir cette séquence:

O représente une ouverture automatique;

CO représente une manœuvre de fermeture suivie d'une ouverture automatique;

t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives de court-circuit. Il doit être de 3 min ou d'une plus longue durée nécessitée pour le fonctionnement du déclencheur thermique, en vue de permettre le réenclenchement du DD.

La valeur réelle de t doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Après extinction de l'arc, la tension de rétablissement doit être maintenue pendant une durée d'au moins 0,1 s.

Trois échantillons doivent être essayés pour chacun des essais de 9.12.11.2, 9.12.11.3 et 9.12.11.4.

9.12.11.2 Essais aux courants de court-circuit réduits

9.12.11.2.1 Essais sur tous les DD

Les impédances additionnelles Z_1 , (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 10 fois I_n selon la plus élevée de ces deux valeurs, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98.

Chaque borne du DD protégé contre les surintensités est soumise séparément à un essai dans un circuit similaire à la Figure 7, mais avec une impédance Z_1 connectée uniquement à la borne en essai, à une tension de 105 % de la tension assignée entre phase et neutre.

On provoque l'ouverture automatique du DD, neuf fois le circuit étant fermé, six fois par l'interrupteur T et trois fois par le DD lui-même.

La séquence de manœuvre doit être:

O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – O – t – CO – t – CO – t – CO

Pour l'essai, l'interrupteur T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que les six points d'initiation pour les manœuvres d'ouverture soient également distribués sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

9.12.11.2.2 Essai de court-circuit sur les DD pour vérifier leur aptitude à l'emploi en schémas IT

Cet essai est réalisé avec des échantillons à l'état neuf.

Les impédances additionnelles Z_1 (voir 9.12.7.3) sont ajustées de façon à obtenir un courant de 500 A ou 1,2 fois la limite supérieure de la plage normalisée des déclenchements instantanés donnée au Tableau 4, selon la plus élevée de ces deux valeurs, mais en ne dépassant pas 2 500 A, à un facteur de puissance compris entre 0,93 et 0,98 et à une tension égale à 105 % de la tension assignée entre phases.

Selon le 5.3.7, le pôle marqué N, s'il existe, est testé avec un courant de 500 A ou $10 I_n$ selon la plus élevée de ces deux valeurs, et à une tension de 105 % de U_0 pour le pôle marqué N, s'il existe.

Pour les DD ayant une limite supérieure de déclenchement instantané dépassant $20 I_n$, les impédances sont ajustées de façon à obtenir un courant égal à 1,2 fois la valeur de la limite supérieure de déclenchement instantané déclarée par le constructeur, sans tenir compte de la limite de 2 500 A.

Chacun pôle du DD est soumis séparément à un essai dans un circuit dont les connexions sont indiquées à la Figure 8.

La séquence des opérations doit être

O - t - CO

Pour la manœuvre O sur le premier pôle protégé, l'interrupteur T est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme au point 0° de l'onde pour la manœuvre.

Pour les manœuvres O suivantes sur les autres pôles protégés à tester (voir l'Article C.2), ce point est décalé à chaque fois de 30° par rapport au point d'onde de l'essai précédent, avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

Les DD avec un neutre non coupé ne sont pas soumis à ce test.

NOTE Selon la CEI 60364-43, les dispositifs avec neutre non coupé ne peuvent évidemment pas être testés selon cet article.

9.12.11.3 Essai à 1 500 A

Pour les DD dont le pouvoir de coupure assigné est de 1 500 A, on étalonne le circuit d'essai selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.2 de façon à obtenir un courant présumé de 1 500 A et un facteur de puissance correspondant à ce courant selon le Tableau 21.

Pour les DD dont le pouvoir de coupure assigné est supérieur à 1 500 A, on étalonne le circuit selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.3 avec le facteur de puissance correspondant à 1 500 A selon le Tableau 21.

Les DD sont essayés sur un circuit selon la Figure 7.

Pour les DD tripolaires, avec trois chemins de courant, il n'est pas fait de connexion entre le neutre de l'alimentation et le point commun du côté aval du DD s'il existe.

Pour les DD tétrapolaires à trois pôles protégés contre les surintensités, le neutre de l'alimentation est connecté, par l'intermédiaire du pôle non protégé ou du pôle du neutre de sectionnement, au point commun du côté aval du DD.

Si le pôle neutre d'un DD tétrapolaire n'est pas marqué par le constructeur, les essais sont répétés avec trois nouveaux échantillons en utilisant successivement chaque pôle comme neutre.

Pour l'essai des DD unipolaires et bipolaires, l'interrupteur T est synchronisé avec la courbe de tension de telle sorte que ses six points d'initiation pour les manœuvres d'ouverture soient également répartis sur la moitié de l'onde avec une tolérance de $\pm 5^\circ$.

La séquence des manœuvres doit être comme spécifié au 9.12.11.2.1.

Pour les DD tripolaires et tétrapolaires, il est admis que les points soient pris au hasard sur l'onde.

9.12.11.4 Essai au-dessus de 1 500 A

- a) Rapport entre le pouvoir de coupure de service et le pouvoir de coupure assigné (facteur k)

Le rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit et le pouvoir de coupure assigné doit être en accord avec le Tableau 22.

Tableau 22 – Rapport entre le pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs}) et le pouvoir de coupure assigné (I_{cn}) – (facteur k)

I_{cn}	k
$\leq 6\,000\text{ A}$	1
$> 6\,000\text{ A}$ $\leq 10\,000\text{ A}$	0,75 ^a
$> 10\,000\text{ A}$	0,5 ^b
^a Valeur minimale de I_{cs} : 6 000 A.	
^b Valeur minimale de I_{cs} : 7 500 A.	

- b) Essai au pouvoir de coupure de service en court-circuit (I_{cs})

- 1) Le circuit d'essai est étalonné comme indiqué aux 9.12.7.1 et 9.12.7.3 avec un facteur de puissance en accord avec le Tableau 21.

Si les bornes amont et aval du DD en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens et le troisième est connecté dans le sens inverse.

- 2) Pour les DD unipolaires et bipolaires, la séquence de manœuvre est:

O – t – O – t – CO

Pour les manœuvres «O» l'interrupteur T est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme au point 0° de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 45° pour la seconde manœuvre «O» sur le premier échantillon; pour le second échantillon, les deux manœuvres «O» doivent être synchronisées à 15° et 60° et pour le troisième échantillon à 30° et 75° .

La tolérance de synchronisation doit être $\pm 5^\circ$.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 23.

Tableau 23 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD unipolaires et bipolaires

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (0°)	O (15°)	O (30°)
2	O (45°)	O (60°)	O (75°)
3	CO	CO	CO

3) Pour les DD tripolaires et tétrapolaires, la séquence des manœuvres est:

$$O - t - CO - t - CO$$

Pour les manœuvres «O», l'interrupteur T est synchronisé avec l'onde de tension de manière que le circuit se ferme à un point quelconque (x°) de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est ensuite décalé de 60° pour la manœuvre «O» du second échantillon et encore de 60° pour la manœuvre «O» sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$. Le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation pour les différents échantillons.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 24.

Tableau 24 – Procédure d'essai pour I_{cs} dans le cas de DD tripolaires et tétrapolaires

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (x°)	O ($x^\circ + 60^\circ$)	O ($x^\circ + 120^\circ$)
2	CO	CO	CO
3	CO	CO	CO

c) Essai au pouvoir de coupure assignée (I_{cn})

Le circuit d'essai est étalonné selon les 9.12.7.1 et 9.12.7.2.

Si les bornes en aval des DD en essai ne sont pas marquées, deux des échantillons sont connectés dans un sens, et le troisième échantillon est connecté dans le sens inverse.

La séquence de manœuvres est:

$$O - t - CO$$

Pour les manœuvres «O», l'interrupteur T est synchronisé par rapport à l'onde de tension de façon que le circuit se ferme au point 15° de l'onde pour la manœuvre «O» sur le premier échantillon.

Ce point est alors décalé de 30° pour la manœuvre «O» sur le deuxième échantillon puis encore de 30° pour la manœuvre «O» sur le troisième échantillon.

La tolérance de synchronisation doit être de $\pm 5^\circ$.

Pour les DD tri- et tétrapolaires, le même pôle doit être utilisé comme référence aux fins de synchronisation.

La procédure d'essai est indiquée au Tableau 25.

Tableau 25 – Procédure d'essai pour I_{cn}

Manœuvre	Echantillon		
	1	2	3
1	O (15°)	O (45°)	O (75°)
2	CO	CO	CO

9.12.12 Vérification du DD après les essais de court-circuit

9.12.12.1 Après chacun des essais selon 9.12.11.2 ou 9.12.11.3 ou 9.12.11.4 b), les DD ne doivent présenter aucune détérioration susceptible de compromettre leur emploi ultérieur, et être capables, sans entretien, de résister aux essais suivants:

- a) courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à 9.7.7.3;
- b) essai de rigidité diélectrique conforme à 9.7.3 réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit mais sous une tension de 500 V inférieure à la valeur prescrite et sans traitement préalable à l'humidité.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de 9.7.2, on doit vérifier que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «ouvert» et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées au point b) de 9.7.2, l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «fermé».

De plus, après les essais du 9.12.11.3 ou du 9.12.11.4 b) les DD ne doivent pas déclencher quand on fait passer un courant égal à 0,85 fois le courant conventionnel de non-déclenchement par tous les pôles, pendant le temps conventionnel, en partant de l'état froid.

A la fin de cette vérification, le courant est augmenté de façon régulière pour atteindre, en moins de 5 s 1,1 fois le courant conventionnel de déclenchement.

Les DD doivent déclencher dans les limites du temps conventionnel.

La feuille de polyéthylène ne doit pas présenter de trous visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

9.12.12.2 Après les essais de 9.12.11.4 c), la feuille de polyéthylène ne doit pas présenter de trous visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire, et le DD ne doit pas présenter de dommages susceptibles de nuire à leur usage ultérieur et doivent, sans entretien, satisfaire aux essais suivants:

- a) Courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à 9.7.7.3.
- b) Essai de rigidité diélectrique conforme à 9.7.3 réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit à une tension de 900 V et sans traitement préalable à l'humidité.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées en 9.7.2 a), on doit vérifier que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «ouvert» et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées en 9.7.2 b), l'indicateur de la position des contacts donne l'indication «fermé».

- c) De plus, les DD doivent déclencher dans les limites de temps correspondant à l'essai c) du Tableau 10 si l'on fait passer par tous les pôles un courant égal à $2,8 I_n$, la limite inférieure de temps étant de 0,1 s au lieu de 1 s.

9.12.13 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné ($I_{\Delta m}$)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude des DD à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit différentiels.

9.12.13.1 Procédure d'essai

Le DD doit être essayé selon les conditions d'essai spécifiées au 9.12.1 mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit soit un courant différentiel.

L'essai est effectué sur chaque pôle tour à tour à l'exclusion du pôle marqué N, s'il existe. Pour cet essai, l'impédance Z_1 ne doit pas être utilisée et le circuit doit être laissé ouvert.

Les voies de courant qui ne sont pas soumises au courant de court-circuit différentiel sont connectées à la tension d'alimentation à leurs bornes amont.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé durant l'essai.

Dans le cas des DD conformes au 4.1.2.1, pour que les opérations de coupure puissent être effectuées, il est nécessaire, soit de positionner l'interrupteur T établissant le court-circuit côté aval du DD, soit d'insérer un dispositif additionnel en aval pour établir le court-circuit.

La séquence d'essais suivante est appliquée:

O – t – CO – t – CO

Pour les trois manœuvres de coupure, l'interrupteur T est synchronisé par rapport à l'onde de tension, de façon que le point d'initiation de l'arc soit $45^\circ \pm 5^\circ$.

Le même pôle doit servir de référence aux fins de synchronisation pour les différents échantillons.

9.12.13.2 Vérification du DD après l'essai au pouvoir de fermeture et de coupure différentiel

Après l'essai effectué selon le 9.12.13.1, le DD ne doit présenter aucune détérioration susceptible de compromettre son emploi ultérieur et doit être capable, sans entretien, de

- satisfaire aux exigences du 9.7.3 mais à une tension égale à deux fois la tension assignée pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité, et
- établir et couper son courant assigné sous sa tension assignée.

Le DD doit être capable de satisfaire aux essais spécifiés au 9.9.1.2 c), mais à $1,25 I_{\Delta n}$ et sans mesure du temps de fonctionnement. L'essai est fait sur un seul pôle, pris au hasard sans mesure du temps de fonctionnement.

La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

De plus, les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation doivent pouvoir satisfaire aux essais du 9.17, si applicable.

9.13 Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs

9.13.1 Secousses mécaniques

9.13.1.1 Appareil d'essai

Le DD est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté à la Figure 14. Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton et une plate-forme de bois B est articulée par charnière sur le socle A. Cette plate-forme porte une plaque de bois C qui peut être fixée à différentes distances de la charnière et dans deux positions verticales. L'extrémité de la plaque B porte sur une plaque de butée métallique D qui repose sur un ressort hélicoïdal ayant une constante de flexion de 25 N/mm.

Le DD est fixé sur la plaque verticale de façon telle que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et B soit de 180 mm, la plaque verticale étant à son tour fixée de façon que la distance entre la surface de fixation et la charnière soit de 200 mm comme l'indique la figure.

Sur C, à l'opposé de la surface de fixation du DD, une masse additionnelle est fixée de telle sorte que la force statique sur la plaque de butée métallique soit de 25 N afin d'être assuré que le moment d'inertie du système complet soit pratiquement constant.

9.13.1.2 Procédure d'essai

Le DD étant en position de fermeture, mais sans être relié à aucune source de courant, on soulève la plate-forme par son extrémité libre et on la laisse ensuite tomber 50 fois d'une hauteur de 40 mm, l'intervalle de temps entre les chutes successives étant tel que l'échantillon revienne au repos.

On fixe ensuite le DD sur le côté opposé de la plaque verticale C et on laisse de nouveau tomber la plate-forme 50 fois comme précédemment.

Après cet essai, on fait tourner la plate-forme verticale C de 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, on règle à nouveau sa position de façon que l'axe vertical de symétrie du DD soit à 200 mm de la charnière.

On laisse ensuite tomber B 50 fois comme précédemment, le DD étant d'un côté de la plaque verticale C, et 50 fois avec le DD du côté opposé.

Avant chaque changement de position, le DD est ouvert et fermé à la main.

Le DD ne doit pas s'ouvrir pendant les essais.

9.13.2 Chocs mécaniques

La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du DD, monté dans les conditions normales d'emploi (voir note au 8.2), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai du 9.13.2.1 pour tous les types de DD et, de plus, par les essais des

- 9.13.2.2, pour les DD prévus pour être montés sur rails,
- 9.13.2.3, pour les DD enfichables.

NOTE Les DD destinés seulement à être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.13.2.1 Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de chocs comme représenté en Figures 15 à 17.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, en polyamide de dureté Rockwell HR 100. La pièce de frappe a une masse de 150 ± 1 g et est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $1\,000 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, on applique les conditions suivantes:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,002\,5 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- charge additionnelle: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des renseignements complémentaires concernant l'établissement de la dureté Rockwell des matières plastiques sont indiqués dans la Publication ASTM D 785-65 (1970).

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'il faut exercer une force entre 1,9 N et 2,0 N sur la face de la pièce de frappe pour maintenir le tube en position horizontale.

Les DD pour montage en saillie sont montés sur une plaque de contre-plaqué de 8 mm d'épaisseur, de forme carrée de 175 mm de côté, fixée à ses bords supérieurs à une console rigide qui fait partie du support de montage indiqué en Figure 17.

Ce support doit avoir une masse de $10 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ et doit être monté sur un châssis rigide par l'intermédiaire de pivots. Ce châssis est fixé à une paroi massive.

Les DD de type encastré sont montés dans un dispositif d'essai, qui est fixé au support, comme indiqué en Figure 18.

Les DD pour montage en tableau sont montés dans un dispositif d'essai, qui est fixé au support, comme indiqué en Figure 19.

Les DD enfichables sont montés sur leur socle d'origine, qui est fixé sur la plaque de contre-plaqué ou dans les dispositifs d'essai selon la Figure 18 ou 19, selon le cas.

Les DD pour montage sur rail sont montés sur un rail approprié, fixé rigidement au support de montage, comme indiqué en Figure 20.

La conception de l'appareil d'essai est telle que:

- l'échantillon puisse être déplacé horizontalement et puisse tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface du contre-plaqué;
- le contre-plaqué puisse tourner autour d'un axe vertical.

Le DD est monté sur le contre-plaqué ou dans le dispositif d'essai approprié comme en usage normal, avec ses capots, s'il y a lieu, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont défoncées.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, des couvercles et analogues sont serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 14.

On fait tomber la pièce de frappe d'une hauteur de 10 cm, sur les surfaces qui sont accessibles quand le DD est monté dans les conditions normales d'emploi.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position du point de contrôle, lorsque le pendule est libéré, et la position de ce point au moment de l'impact.

Le point de contrôle est repéré sur la surface de la pièce de frappe où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et de la pièce de frappe, perpendiculaire au plan traversant les deux axes, entre en contact avec la surface.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe devrait être le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle a été choisi comme décrit ci-dessus.

On applique à chaque DD 10 coups, deux d'entre eux étant appliqués à l'organe de manœuvre et les autres régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon pouvant être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après qu'on l'a fait tourner autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, mais pas au-delà de 60°, et les deux autres à peu près à mi-distance entre le coup sur l'une des faces latérales et le coup sur l'organe de manœuvre.

Les autres coups sont appliqués de la même façon après que l'on a fait tourner l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contre-plaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des entrées défonçables, l'échantillon est monté de façon que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Les deux coups sur l'organe de manœuvre doivent être appliqués, un organe de manœuvre étant sur la position «fermé», un autre sur la position «ouvert».

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens de la présente norme. En particulier, les capots qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou altèrent l'usage ultérieur du DD, les organes de manœuvre, les revêtements ou cloisons en matériau isolant et analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il est vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes, telles qu'enveloppes ou couvercles, est possible sans endommager ni ces parties, ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air en dessous des valeurs spécifiées au 8.1.3, ainsi que de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques ne sont pas retenus.

Lors de l'essai des DD destinés à être fixés par vis aussi bien que sur un rail, l'essai est effectué sur deux lots de DD, l'un étant fixé au moyen de vis, l'autre étant monté sur un rail.

9.13.2.2 Les DD destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi rigide verticale, sans câble connecté et sans capot ou plaque de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée par un mouvement régulier et continu pendant 1 min sur la face avant du DD et suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (Figure 20).

Durant cet essai, le DD ne doit pas prendre de jeu et après l'essai, le DD ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

9.13.2.3 DD de type enfichable

NOTE Des essais mécaniques complémentaires sont à l'étude.

9.14 Vérification de résistance à la chaleur

9.14.1 Les échantillons, sans capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de 100 °C ± 2 °C; les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de 70 °C ± 2 °C.

Au cours de l'essai, ils ne doivent subir aucune modification qui nuirait à leur emploi ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas avoir coulé au point que des parties sous tension soient devenues apparentes.

Après l'essai et après que les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties sous tension qui ne sont normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'épreuve normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Dans les conditions d'essai du 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué sur un pôle, pris au hasard, sans mesure du temps de fonctionnement.

Après l'essai, les marquages doivent encore être lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas retenus, pourvu que la sécurité ne soit pas affectée au sens de la présente norme.

9.14.2 Les parties extérieures en matériau isolant des DD, nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, sont soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareil décrit à la Figure 21, sauf le cas échéant les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position les bornes pour des conducteurs de protection montées dans une boîte qui doivent être essayées selon les exigences du 9.14.3.

La partie à essayer est placée sur un support en acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement. Une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est alors refroidi en 10 s approximativement à la température ambiante, par immersion dans l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.14.3 Les parties extérieures en matériau isolant des DD qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément au 9.14.2, mais l'essai est effectué à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, ou $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai du 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

NOTE Pour les essais des 9.14.2 et 9.14.3, les bases des DD du type montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Les essais des 9.14.2 et 9.14.3 ne sont pas effectués sur des parties en matériau céramique.

Si deux ou plusieurs parties isolantes, spécifiées aux 9.14.2 et 9.14.3 sont réalisées en même matériau, l'essai est effectué seulement sur une de ces parties, selon respectivement le 9.14.2 ou 9.14.3.

9.15 Vérification de résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un DD complet conformément à la CEI 60695-2-10 dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des DD nécessaires au maintien des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai fait à la température de $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par un essai fait à la température de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE Pour les besoins de cet essai, les bases des DD du type pour montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Si des parties isolantes des groupes ci-dessus sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une d'entre elles, selon la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur des parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essai définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie du matériau isolant, qui aurait pu s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie en essai.

L'essai est effectué sur trois échantillons, les points d'application de l'essai au fil incandescent sont différents d'un échantillon à l'autre.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement à la zone des bornes ou à la chambre de coupure ou à la zone du dispositif de déclenchement magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer profondément sous la surface extérieure sans toucher des pièces de métal relativement grandes ou des céramiques, qui refroidiraient rapidement le fil incandescent et en plus limiteraient la quantité de matériau isolant en contact avec le fil incandescent. Dans cette situation, les parties garantissent la sévérité minimale de l'essai par refroidissement du fil incandescent et en limitant l'accès au matériau isolant à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en utilisation normale (avec la surface essayée en position verticale).

Si une pièce interne du matériau isolant influence l'essai avec un résultat négatif, il est permis de retirer la(les) partie interne identifiée du matériau isolant d'un nouvel échantillon. Ensuite, l'essai au fil incandescent doit être répété au même endroit sur ce nouvel échantillon.

En accord avec le fabricant et comme méthode alternative, il est acceptable d'enlever la partie en cours d'examen dans son intégralité et de la tester séparément (voir la CEI 60695-2-11:2000, Article 4).

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent, si

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée, ou si
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin blanc ne doit pas être roussie.

9.16 Vérification du fonctionnement du dispositif de contrôle aux limites de la tension assignée

- a) Le DD étant alimenté sous une tension égale à 0,85 fois sa tension assignée, le dispositif de contrôle est momentanément activé 25 fois, à des intervalles de 5 s, le DD étant réenclenché avant chaque manœuvre.
- b) L'essai a) est ensuite répété à 1,1 fois la tension assignée.

- c) L'essai b) est ensuite répété, mais une seule fois, en maintenant en position de fonctionnement l'organe de manœuvre du dispositif de contrôle pendant 30 s.

Pour tous les essais, le DD doit fonctionner. Après l'essai, l'échantillon ne doit montrer aucune altération susceptible de compromettre son emploi ultérieur.

Pour vérifier que les ampères-tours provoqués par le dispositif de contrôle sont inférieurs à 2,5 fois les ampères-tours produits par un courant égal à $I_{\Delta n}$, à la tension assignée, on mesure l'impédance du circuit du dispositif de contrôle, et on calcule le courant d'essai, en tenant compte de la configuration du circuit du dispositif de contrôle.

Si pour une telle vérification, le démontage du DD s'avère nécessaire, on doit utiliser un échantillon séparé.

NOTE La vérification de l'endurance du dispositif de contrôle est considérée comme couverte par les essais du 9.10.

9.17 Vérifications du comportement du DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation classé selon le 4.1.2.1, en cas de défaillance de la tension d'alimentation

NOTE La vérification de la valeur U_y (voir 3.4.21.2) n'est pas prise en considération dans cette norme.

9.17.1 Vérification de la valeur limite de la tension de fonctionnement (U_x)

Une tension égale à la tension assignée est appliquée aux bornes d'alimentation du DD et abaissée progressivement en un temps permettant l'obtention du zéro en 30 s, ou en un temps suffisamment long en cas d'ouverture temporisée du DD, s'il y a lieu (voir 8.12) selon le plus long des deux, jusqu'à l'ouverture automatique du DD.

La tension correspondante est mesurée.

Cinq mesures sont effectuées.

Toutes les valeurs mesurées doivent être inférieures à 0,85 fois la tension assignée (ou le cas échéant 0,85 fois la valeur minimale de la plage des tensions assignées).

A la fin de ces mesures, on doit vérifier que le DD fonctionne correctement en conformité au Tableau 2 si un courant différentiel égal à $I_{\Delta n}$ est appliqué en cas de diminution de la tension d'alimentation, dans les conditions spécifiées au présent paragraphe, jusqu'à l'ouverture automatique, la tension appliquée étant juste supérieure à la valeur mesurée la plus élevée.

On vérifie ensuite que pour toute valeur de la tension d'alimentation inférieure à la plus faible valeur mesurée, il ne doit pas être possible de fermer l'appareil au moyen de l'organe de commande manuelle.

9.17.2 Vérification de l'ouverture automatique en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Le DD est alimenté côté amont à sa tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur prise dans la plage des tensions assignées) et est fermé.

La tension d'alimentation est ensuite coupée.

Le temps écoulé entre l'instant de cette interruption et l'instant où les contacts principaux s'ouvrent est mesuré.

Cinq mesures sont effectuées:

- a) pour les DD à ouverture non temporisée, aucune valeur ne doit dépasser 0,5 s;
- b) pour les DD à ouverture temporisée, les valeurs maximales et minimales mesurées doivent être comprises entre les limites indiquées par le constructeur.

9.17.3 Vérification du fonctionnement correct en présence d'un courant différentiel pour les DD à ouverture temporisée en cas de défaillance de la tension d'alimentation

Le DD est raccordé, selon la Figure 4 et est alimenté côté amont à sa tension assignée (ou, s'il y a lieu, à une valeur prise dans la plage des tensions assignées).

Le neutre et toutes les phases sauf une sont coupés au moyen de l'interrupteur S_3 approprié.

Pendant le délai de temporisation (voir Tableau 11) indiqué par le constructeur, le DD est soumis aux essais du 9.9.1.2, la fermeture et l'ouverture consécutive de S_3 étant requises avant chaque mesure.

NOTE L'essai du 9.9.1.2 a) est effectué seulement si la temporisation est supérieure à 30 s.

9.17.4 Vérification du fonctionnement correct d'un DD ayant trois ou quatre voies de courant en présence d'un courant différentiel résiduel, le neutre et une seule des autres voies étant alimentés

Dans le cas d'un DD ayant 3 ou 4 voies de courant (voir 4.3) un essai est fait selon le 9.9.1.2 c) mais le neutre et une seule des autres voies étant alimentés à la fois, les connexions étant faites selon la Figure 4.

L'essai est répété successivement sur chacune des autres voies.

9.17.5 Vérification de la fonction de refermeture des DD se refermant automatiquement

A l'étude.

9.18 Vide

9.19 Vérification du comportement des DD en cas d'ondes de courant produites par des ondes de surtension

9.19.1 Essai de tenue à l'onde de courant (essai à l'onde récurrente amortie 0,5 μ s/100 kHz) pour tous les DD

Le DD est essayé en utilisant un générateur d'onde de courant capable de produire un courant oscillant amorti comme indiqué en Figure 26. Un exemple de schéma de circuit pour l'essai du DD est donné en Figure 27.

Un pôle du DD choisi au hasard doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un échantillon supplémentaire du DD du même type, avec les mêmes I_n et $I_{\Delta n}$, pour répondre aux exigences suivantes:

- valeur pic: $200 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$
ou $25 \text{ A } \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$ pour les DD avec $I_{\Delta n} \leq 10 \text{ mA}$
- temps de montée virtuel: $0,5 \mu\text{s} \pm 30 \%$
- période de l'onde transitoire suivante: $10 \mu\text{s} \pm 20 \%$
- chacun des pics successifs inversés: environ 60 % du pic précédent

Pendant l'essai le DD ne doit pas se déclencher. Après l'essai à l'onde récurrente amortie, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai selon 9.9.1.2 c) à $I_{\Delta n}$ seulement avec mesure du temps de déclenchement.

NOTE Les procédures d'essais et les circuits d'essais correspondants pour les DD avec protection contre les surtensions intégrées ou incorporées sont à l'étude.

9.19.2 Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μ s)

9.19.2.1 Conditions d'essai

Le DD est essayé en utilisant un générateur de courant capable de délivrer une onde de courant 8/20 μ s amortie (CEI 60060-2) comme indiqué à la Figure 28. Un exemple de circuit d'essai pour la connexion du DD est illustré à la Figure 29.

Un pôle du DD, choisi au hasard, doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un échantillon supplémentaire du DD du même type (mêmes I_n et $I_{\Delta n}$) pour répondre aux exigences suivantes:

- valeur pic: $3\,000\text{ A }^{+10}_{-0}\%$
- temps de montée virtuel: $8\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- temps virtuel à la moitié de la valeur: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$
- pic de courant inverse: moins de 30 % de la valeur pic

Il y a lieu d'ajuster le courant à la forme asymptotique du courant. Pour les essais sur les autres échantillons du même type (mêmes I_n et $I_{\Delta n}$), il convient que le courant inverse, s'il y a lieu, ne dépasse pas 30 % de la valeur pic.

9.19.2.2 Résultats des essais pour les DD du type S

Pendant les essais, le DD ne doit pas déclencher.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai conforme à 9.9.1.2 c), seulement à $I_{\Delta n}$, avec mesure du temps de fonctionnement.

9.19.2.3 Résultats des essais pour les DD du type général

Pendant les essais, le DD peut déclencher. Après chaque déclenchement, le DD doit être fermé à nouveau.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DD est vérifié par un essai conforme à 9.9.1.2 c), à $I_{\Delta n}$ seulement, avec mesure du temps de fonctionnement.

9.20 Vide

9.21 Vide

9.22 Vérification de la fiabilité

La vérification est effectuée par les essais des 9.22.1 et 9.22.2.

Pour les DD ayant plusieurs réglages, les essais sont faits au réglage le plus bas.

9.22.1 Essais climatiques

L'essai est basé sur la CEI 60068-2-30, en tenant compte de la CEI 60068-3-4.

9.22.1.1 Chambre d'essais

La chambre d'essais doit être construite comme indiqué à l'Article 4 de la CEI 60068-2-30:2005. L'eau de condensation doit être continuellement évacuée de la chambre d'essais et non réutilisée, à moins qu'elle n'ait été purifiée. On ne doit utiliser que de l'eau distillée pour le maintien de l'humidité de la chambre d'essais.

Avant sa pénétration dans la chambre d'essais, l'eau distillée doit avoir une résistivité d'au moins 500 Ωm et une valeur du pH de $7,0 \pm 0,2$. Pendant et après l'essai, la résistivité ne devrait pas être inférieure à 100 Ωm et la valeur du pH devrait rester à $7,0 \pm 1,0$.

9.22.1.2 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: $55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- nombre de cycles: 28.

9.22.1.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être en accord avec l'Article 4 de la CEI 60068-2-30:2005 et la CEI 60068-3-4.

a) Mesures initiales

Une mesure initiale est faite en soumettant le DD à l'essai du 9.9.1.2 c) mais seulement à $I_{\Delta n}$.

b) Conditionnement

- 1) Le DD est introduit dans la chambre, monté et équipé de conducteurs comme en usage normal. Il doit être en position de fermeture.
- 2) Période de stabilisation (voir Figure 23)

La température du DD doit être stabilisée à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- i) soit en plaçant le DD dans une chambre distincte de la chambre d'essais avant de l'introduire dans celle-ci;
- ii) soit en réglant la température de la chambre d'essais à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ après l'introduction du DD dans la chambre et en la maintenant dans ces limites jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Durant la stabilisation de la température par l'une quelconque de ces méthodes, l'humidité relative doit être à l'intérieur des limites prescrites pour les conditions atmosphériques normales d'essais (voir Tableau 6).

Pendant la dernière heure, le DD étant dans la chambre d'essais, l'humidité relative doit être augmentée jusqu'à être d'au moins 95 % à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

3) Description du cycle de 24 h (voir Figure 24)

- i) La température de la chambre doit être élevée d'une façon continue jusqu'à la valeur de la température supérieure prescrite au 9.22.1.2.

Cette température supérieure doit être obtenue en un temps égal à $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ et à une vitesse comprise dans les limites définies par l'aire hachurée de la Figure 24.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être d'au moins 95 %. Pendant cette période de montée de la température, de la condensation doit se produire sur le DD.

NOTE La condition pour que la condensation se produise implique que la température de surface du DD soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère; ce qui signifie qu'il convient que l'humidité relative soit supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible. Il convient de veiller à ce qu'aucune goutte d'eau condensée ne tombe sur l'échantillon.

- ii) La température doit alors être maintenue dans les limites prescrites pour la température la plus haute $\pm 2\text{ °C}$ pendant 12 h avec une tolérance de ± 30 min comptées à partir de l'instant de départ du cycle.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être de $93\% \pm 3\%$, sauf pendant les 15 premières et les 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se produire de condensation sur le DD pendant les 15 dernières min.

- iii) La température doit être ensuite abaissée jusqu'à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ en un temps compris entre 3 h et 6 h. Au début, pendant 1 h 30 min, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si elle était maintenue comme il est indiqué à la Figure 24, la température de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ serait atteinte en $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

Pendant la période de chute de température, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %, sauf au cours des premières 15 min pendant lesquelles elle doit être d'au moins 90 %.

- iv) La température est enfin maintenue à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ avec une humidité relative d'au moins 95 % jusqu'à ce que le cycle de 24 h soit achevé.

9.22.1.4 Rétablissement

A la fin de l'exécution des cycles, le DD ne doit pas être retiré de la chambre d'essais.

La porte de la chambre d'essais doit être ouverte et la régulation en température et humidité coupée.

On attend le rétablissement des conditions de l'atmosphère ambiante (température et humidité) pendant une période de 4 h à 6 h avant d'effectuer les mesures finales.

Pendant les 28 cycles, le DD ne doit pas déclencher.

9.22.1.5 Mesures finales

Dans les conditions d'essai spécifiées au 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle pris au hasard et sans mesure du temps de fonctionnement.

9.22.2 Essai à la température de 40 °C

Le DD est installé comme en usage normal sur une paroi de contre-plaqué de 20 mm d'épaisseur environ peinte en noir mat.

A chaque pôle, un conducteur de 1 m de longueur et de section nominale spécifiée au Tableau 13 est connecté à l'entrée et à la sortie du DD, les vis ou écrous de ces bornes étant serrés avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 14. L'ensemble est placé dans une étuve.

On fait passer dans le DD un courant égal au courant assigné sous une tension appropriée et on le soumet à une température de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec un courant et 3 h sans courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, le DD n'étant pas manœuvré.

Pour les DD tétrapolaires avec trois pôles protégés contre les surintensités, les trois pôles protégés seulement sont chargés.

Pour les DD tétrapolaires avec quatre pôles protégés contre les surintensités, seulement trois d'entre eux sont chargés.

A la fin de la dernière période de 21 h avec courant, on détermine l'échauffement des bornes au moyen de couples thermoélectriques à fils fins. Cet échauffement ne doit pas dépasser 65 K.

Après cet essai, on laisse refroidir dans l'étuve le DD sans courant, approximativement jusqu'à la température ambiante.

Dans les conditions d'essai spécifiées au 9.9.1.2 c) 1), le DD doit déclencher avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un seul essai est effectué sur un pôle pris au hasard et sans mesure du temps de fonctionnement.

9.23 Vérification du vieillissement des composants électroniques

Le DD est placé pendant une période de 168 h dans une température ambiante de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et chargé au courant assigné. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension assignée.

Après cet essai, on laisse refroidir dans l'étuve le DD, sans courant, approximativement jusqu'à la température ambiante. Les parties électroniques ne doivent pas présenter de défauts.

Dans les conditions du 9.9.1.2 c), le DD doit déclencher mais avec un courant d'essai de $1,25 I_{\Delta n}$. Un essai seulement est effectué, sur un pôle pris au hasard, sans mesure du temps de fonctionnement.

NOTE Un exemple pour le circuit de cet essai est donné en Figure 25.

9.24 Compatibilité électromagnétique (CEM)

9.24.1 Essais couverts par la présente norme

Les essais indiqués dans le Tableau 27 sont couverts par la présente norme et n'ont pas besoin d'être répétés.

Tableau 27 – Essais couverts par la présente norme

Référence des Tableaux 4 et 5 de la CEI 61543:1995 et Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Essais de la CEI 61009-1
T 1.3	Variation d'amplitude de la tension	9.9.1.4 et 9.17
T 1.4	Déséquilibre de tension	9.9.1.4 et 9.17
T 1.5	Variations de la fréquence fondamentale	9.2
T 1.8	Champs magnétiques	9.12
T 2.4	Transitoires oscillatoires de courant	9.19

9.24.2 Essais complémentaires

Les essais listés dans le Tableau 29 doivent être effectués selon les séquences d'essais H, I et J énumérés dans l'Annexe A de cette norme.

Tableau 29 – Essais à effectuer conformément à la CEI 61543

Référence des Tableaux 4, 5 et 6 de la CEI 61543: 1995 et Amendement 1: 2004	Phénomènes électromagnétiques
T1.1	Harmoniques, interharmoniques
T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
T2.3	Transitoires unidirectionnelles conduites à l'échelle de la microseconde à la milliseconde
T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
T2.5	Phénomène de rayonnement haute fréquence
T2.2	Transitoires rapides (salves)
T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences inférieure à 150 kHz
T3.1	Décharges électrostatiques

Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de la CEI 61543.

9.25 Essai de résistance à la rouille

Toute la graisse est enlevée des parties à être testées par immersion dans un dégraissant chimique à froid tel que l'essence méthyl-chloroforme ou de l'essence raffinée, pendant 10 min. Les pièces sont ensuite immergées pendant 10 min dans une solution à 10% de chlorure d'ammonium dans l'eau à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Sans séchage, mais après avoir secoué les gouttes, les pièces sont placées pendant 10 min dans une boîte contenant de l'air saturé d'humidité à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Après que les pièces ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, leur surface ne doit présenter aucun signe de rouille.

NOTE 1 Ignorer les traces de rouille sur les angles vifs et le film jaunâtre amovible par simple frottement.

Pour les petits ressorts et autres, ainsi que pour les pièces inaccessibles exposées à l'abrasion, une couche de graisse peut fournir une protection suffisante contre la rouille. Ces pièces sont soumises à l'essai seulement en cas de doute quant à l'efficacité de la couche de graisse, et dans ce cas l'essai est effectué sans décapage préalable de la graisse.

NOTE 2 Au moment de l'utilisation du liquide spécifié pour l'essai, des précautions adéquates devraient être prises pour prévenir l'inhalation de la vapeur.

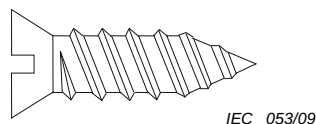


Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière (3.6.10)

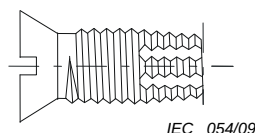
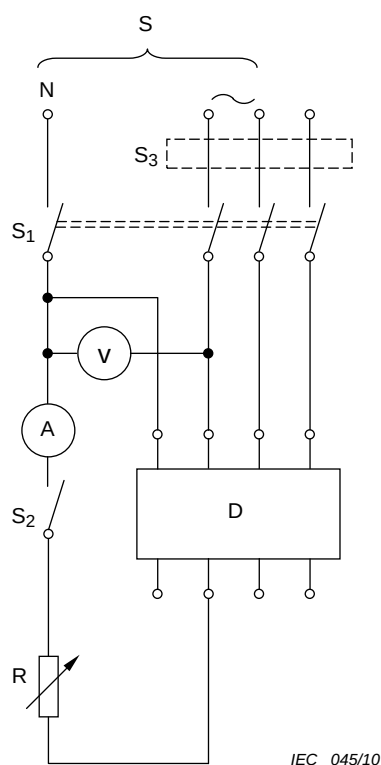


Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière (3.6.11)

Figure 3 – Doigt d'épreuve articulé (9.6)



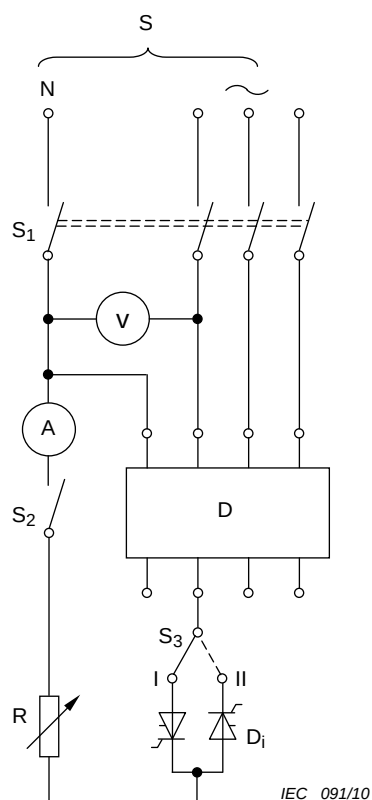
Légende

S	Alimentation
V	Voltmètre
A	Ampèremètre
S ₁	Interrupteur omnipolaire
S ₂	Interrupteur unipolaire
S ₃	Interrupteur coupant toutes les phases sauf une
D	DD en essai
R	Résistance variable

NOTE S₃ reste fermé sauf pour l'essai 9.17.3.

Figure 4 – Circuit d'essai pour la vérification

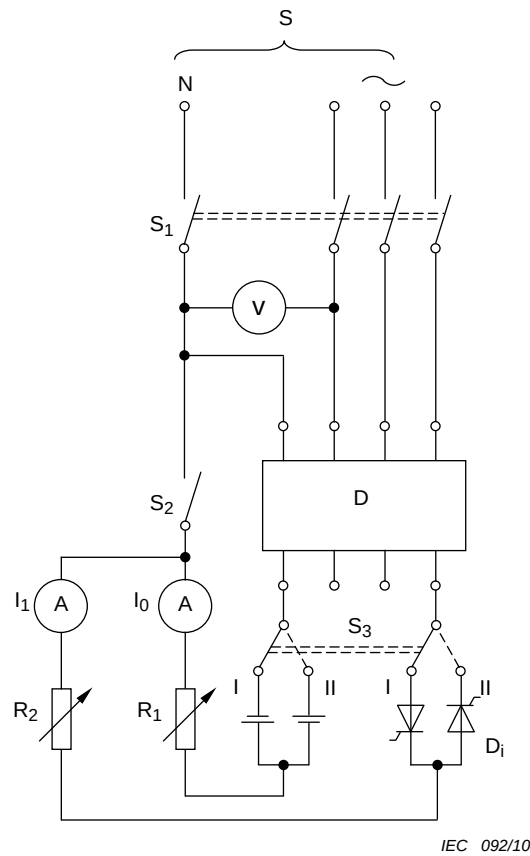
- des caractéristiques de fonctionnement (9.9.1)
- du mécanisme à déclenchement libre (9.11)
- du comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation (9.17.3 et 9.17.4) pour les DD fonctionnellement dépendants de la tension d'alimentation



Légende

- S Alimentation
- V Voltmètre
- A Ampèremètre (mesurant la valeur efficace vraie)
- D ID en essai
- D_i Thyristors
- R Résistance variable
- S₁ Interrupteur multipolaire
- S₂ Interrupteur unipolaire
- S₃ Interrupteur à deux voies

Figure 5 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct du DD dans le cas de courant résiduel continu pulsé



Légende

S	Alimentation
V	Voltmètre
A	Ampèremètre (mesurant la valeur efficace vraie)
D	DD en essai
D_i	Thyristors
R_1, R_2	Résistances variables
S_1	Interrupteur omnipolaire
S_2	Interrupteur unipolaire
S_3	Interrupteur bipolaire à deux voies

Figure 6 – Circuit d'essai pour la vérification du fonctionnement correct en cas de courants résiduels continus pulsés en présence d'un courant continu lissé permanent de 0,006 A

Explication des symboles littéraux utilisés dans les Figures 7, 8 et 9

N	=	Conducteur neutre
S	=	Alimentation
R	=	Résistance(s) réglable(s)
Z	=	Impédance dans chaque phase pour l'étalonnage du courant conditionnel de court-circuit assigné. Les inductances doivent être de préférence sans fer et connectées en série avec des résistances pour obtenir le facteur de puissance requis.
Z_1	=	Résistance additionnelle réglable pour obtenir des courants inférieurs au courant conditionnel de court-circuit
Z_2	=	Impédance réglable pour l'étalonnage de I_Δ
D	=	DD à l'essai
trame	=	Toutes les parties conductrices normalement mises à la terre en service, y compris les FE, le cas échéant.
G_1	=	Connexion(s) provisoire(s) pour l'étalonnage
G_2	=	Connexions pour l'essai au courant conditionnel de court-circuit assigné
T	=	Interrupteur pour le court-circuit
I_1, I_2, I_3	=	Capteur(s) de courant Peut être situé sur l'alimentation ou sur le côté aval de l'appareil d'essai mais toujours sur le côté secondaire du transformateur
I_4	=	Autre capteur de courant résiduel, le cas échéant
Ur_1, Ur_2, Ur_3	=	Capteur(s) de tension
F	=	Dispositif destiné à détecter un courant de défaut
R_1	=	Résistance absorbant un courant d'environ 10A
R_2	=	Résistance limitant le courant dans le dispositif F
r	=	Résistance(s) prenant environ 0,6 % du courant (voir 9.12.2)
S_1	=	Interrupteur auxiliaire
B et C	=	Points de connexion de la (des) grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C
L	=	Inductance(s) réglable sans fer

NOTE 1 Le dispositif de fermeture T peut également être situé entre les bornes du côté aval de l'appareil d'essai et les capteurs de courant I_1, I_2 et I_3 le cas échéant.

NOTE 2 Les capteurs de tension Ur_1, Ur_2 et Ur_3 sont connectés entre phase et neutre, le cas échéant.

NOTE 3 La puissance réglable Z peut être située sur le côté haute tension du circuit d'alimentation.

NOTE 4 Si le fabricant est d'accord, les résistances R_1 peuvent ne pas être utilisées.

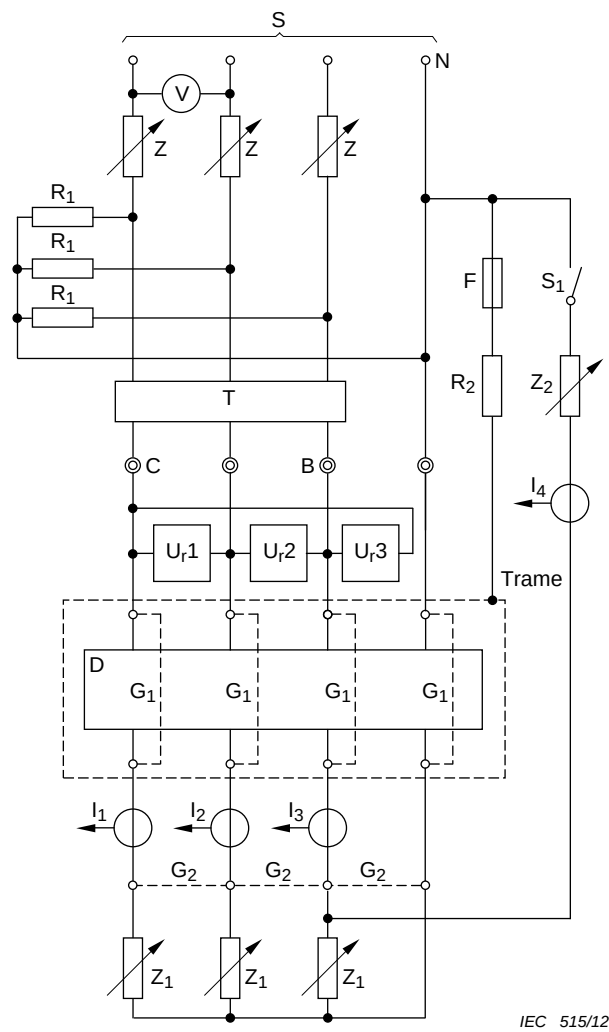


Figure 7 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit à l'exception de celui du 9.12.11.2.2

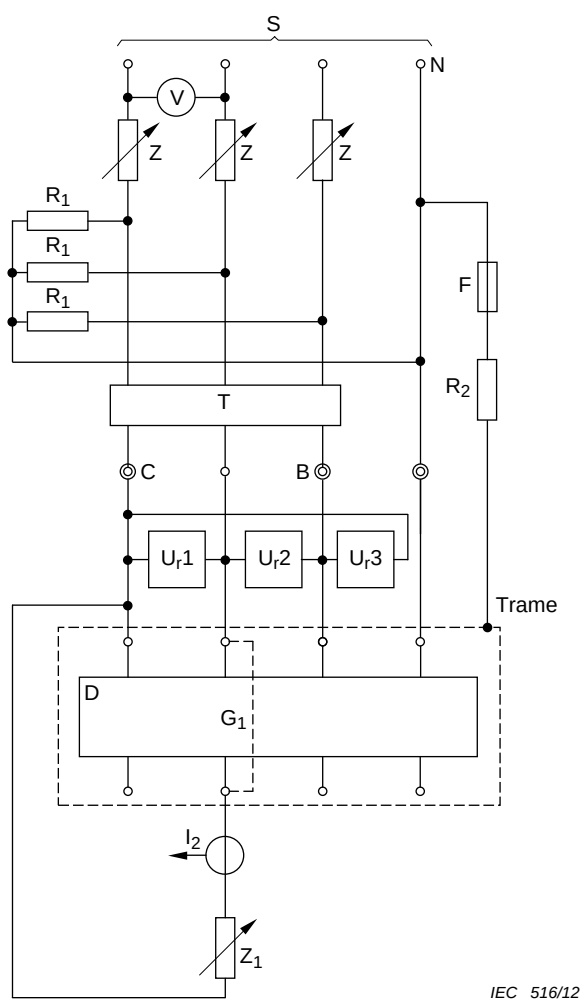


Figure 8 – Schéma type pour les essais de court-circuit selon 9.12.11.2.2

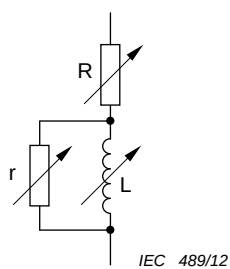
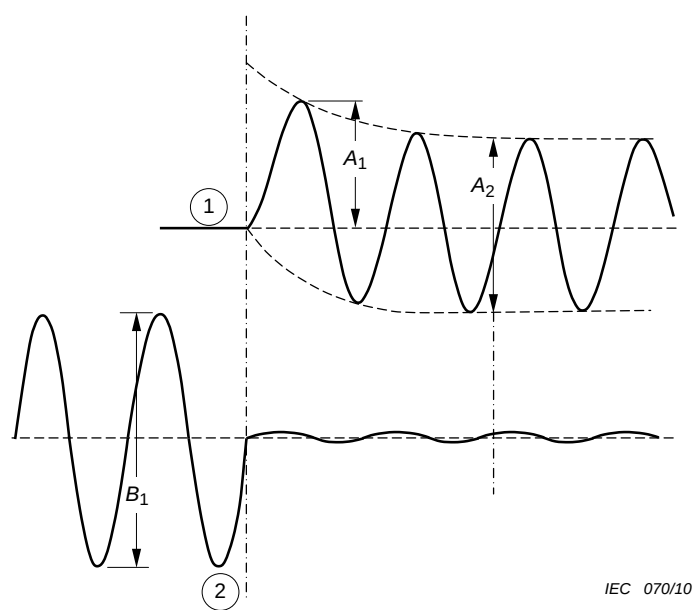


Figure 9 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2

Figure 10 – Vide

Figure 11 – Vide

Figure 12 – Vide

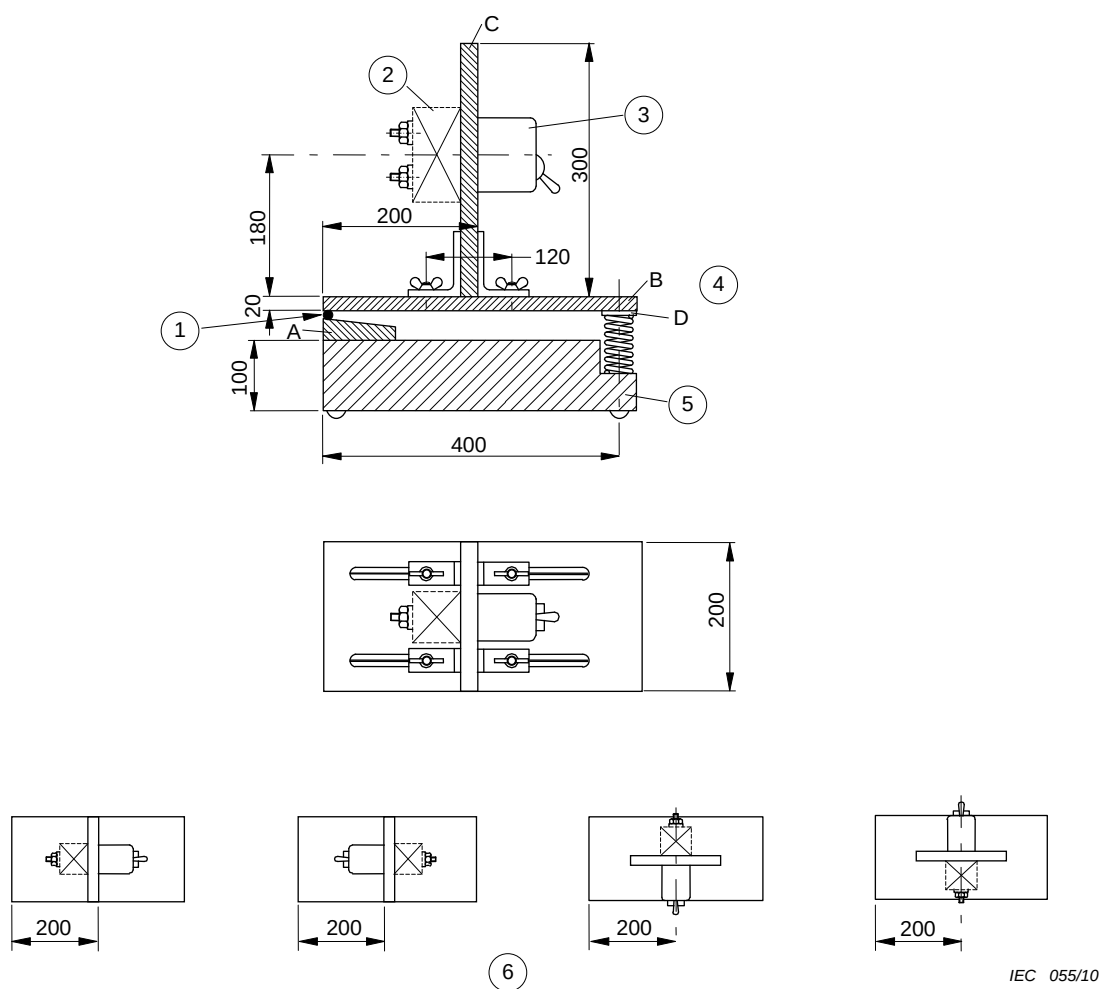


Légende

- 1 Courant
- 2 Tension

Figure 13 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit

Dimensions en millimètres

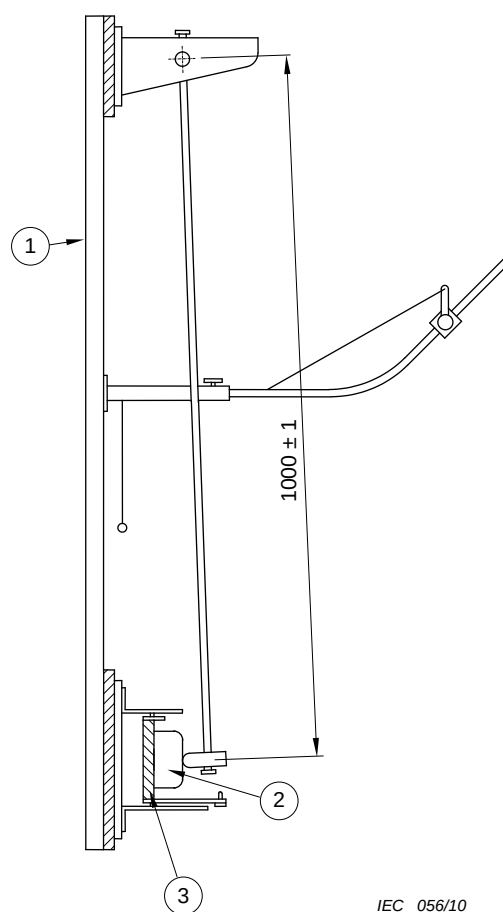


Légende

- 1 Charnière
- 2 Masse additionnelle
- 3 Echantillon
- 4 Plaque-butée métallique
- 5 Bloc de béton
- 6 Positions d'essai successives

Figure 14 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.13.1)

Dimensions en millimètres

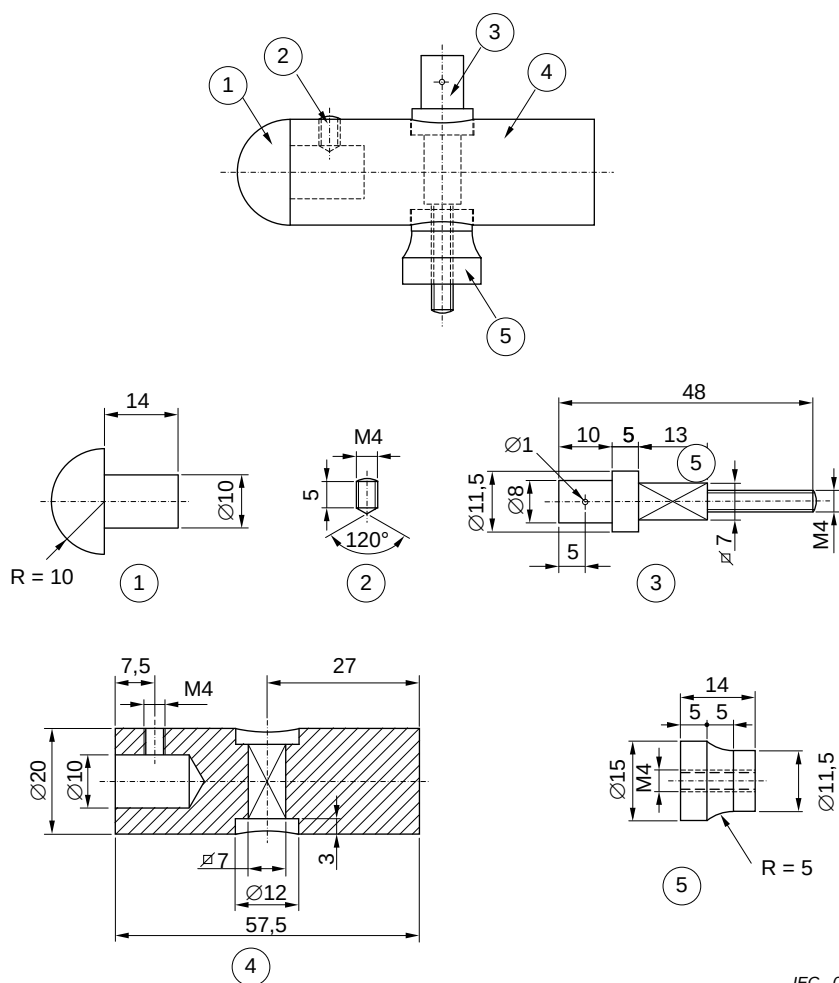


Légende

- 1 Support
- 2 Echantillon
- 3 Support d'appui

Figure 15 – Appareil pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres

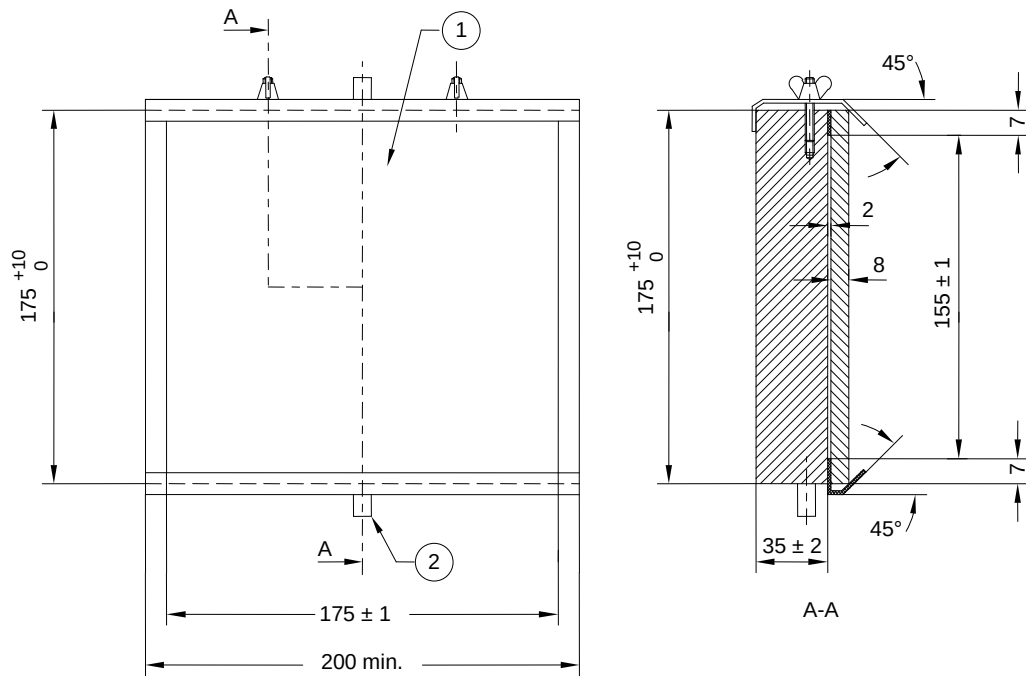


Légende

1	Polyamide
2, 3, 4, 5	Acier Fe 360

Figure 16 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres



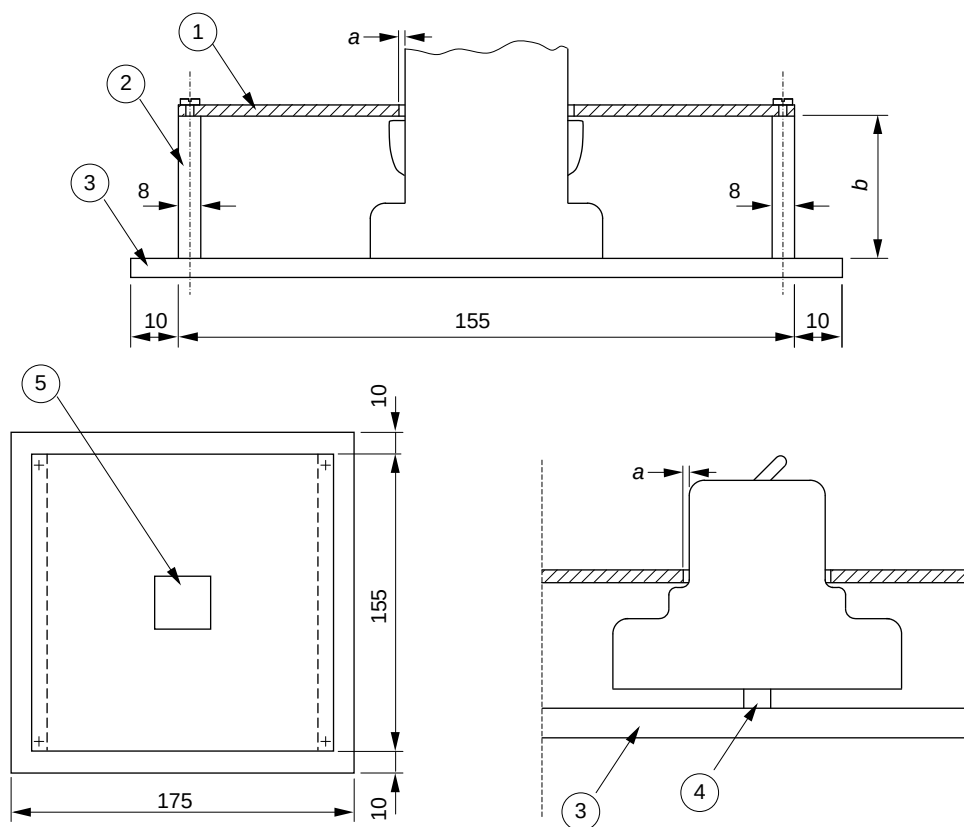
IEC 058/10

Légende

- 1 Panneau de contre-plaqué
- 2 Pivot

Figure 17 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres



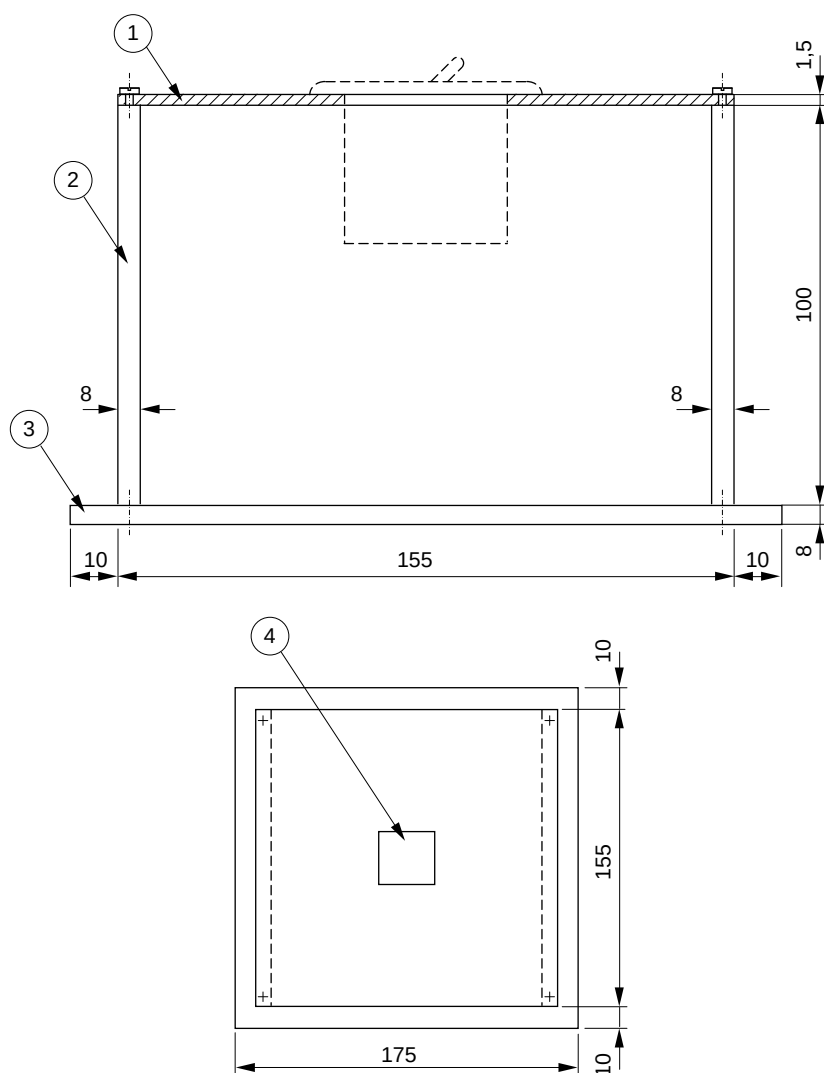
IEC 059/10

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Rail pour DD destiné être monté sur rail
- 5 Passage dans la plaque d'acier pour le DD
- a la distance entre le bord du passage et les parois du DD doit être comprise entre 1 mm et 2 mm
- b la hauteur des plaques d'aluminium doit être telle que la plaque d'acier soit appliquée sur les épaulements du DD, ou, si le DD n'est pas muni de tels épaulements, la distance des parties actives, qui doivent être protégées par un capot additionnel, à la face inférieure de la plaque d'acier, est de 8 mm.

Figure 18 – Exemple de fixation d'un DD ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)

Dimensions en millimètres



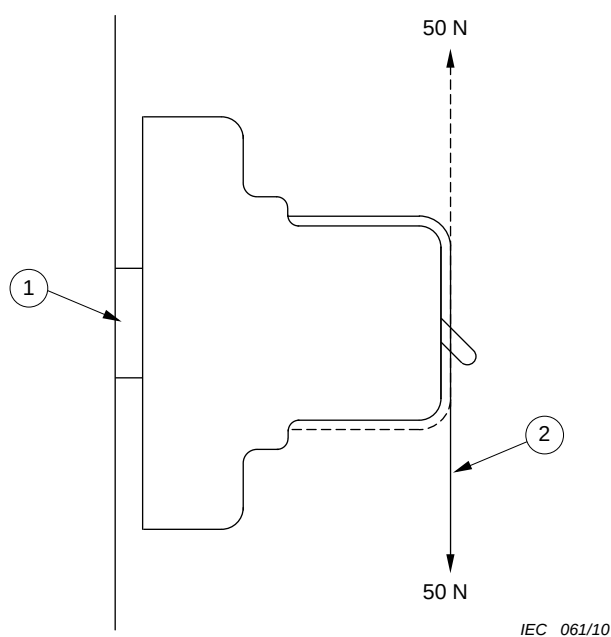
IEC 060/10

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable de 1,5 mm d'épaisseur
- 2 Plaques d'aluminium de 8 mm d'épaisseur
- 3 Plaque de montage
- 4 Passage dans la plaque d'acier pour le DD

NOTE Les dimensions peuvent être augmentées pour les cas particuliers.

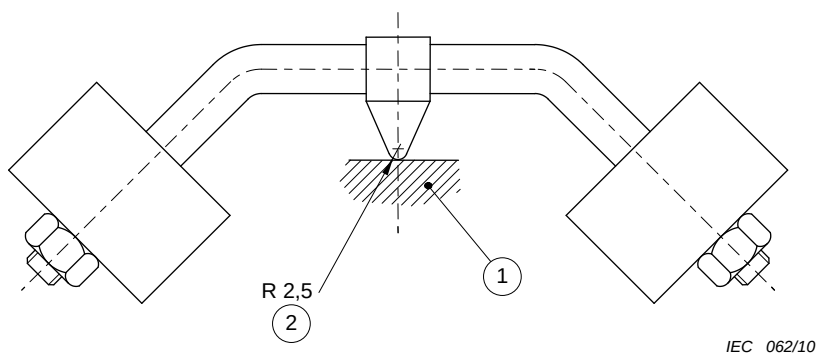
Figure 19 – Exemple de fixation du DD pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.13.2.1)



Légende

- 1 Rail
- 2 Corde

Figure 20 – Application de la force pour l'essai de choc mécanique du DD pour montage sur rail (9.13.2.2)

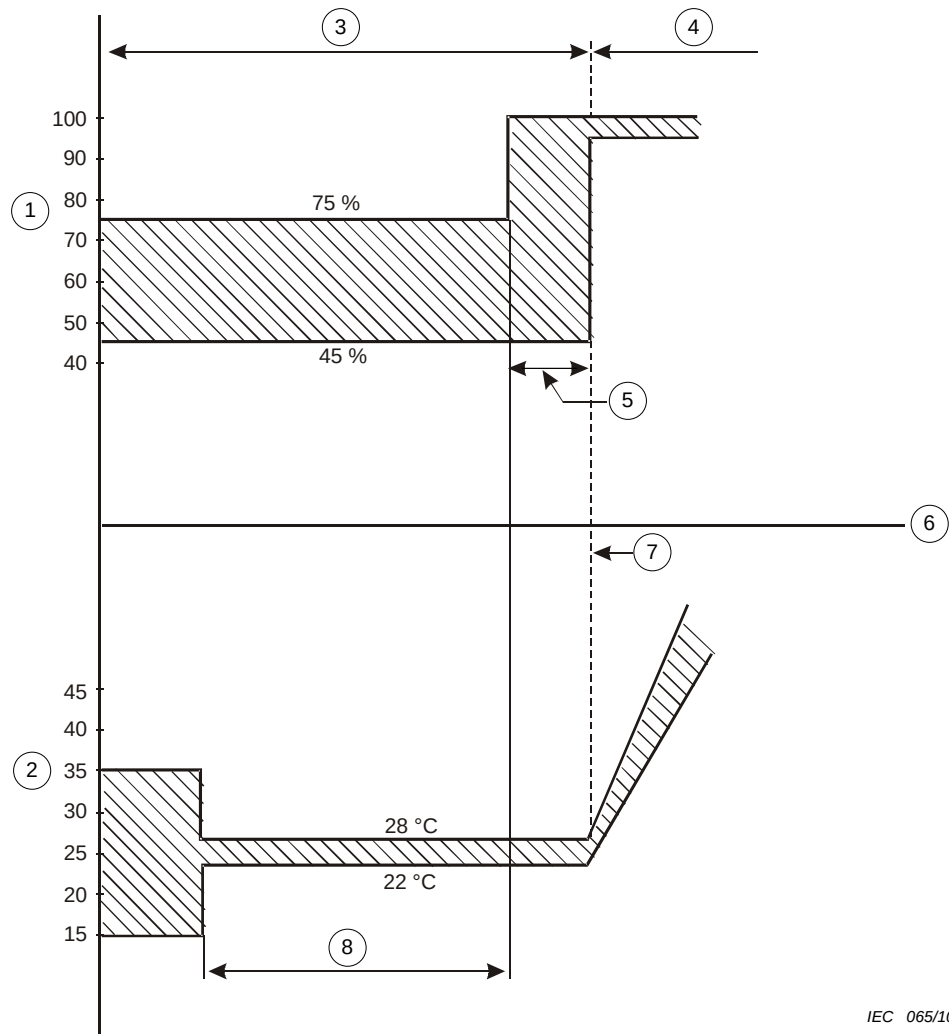


Légende

- 1 Echantillon
- 2 Sphérique

Figure 21 – Appareil pour l'essai à la bille (9.14.2)

Figure 22 – Vide

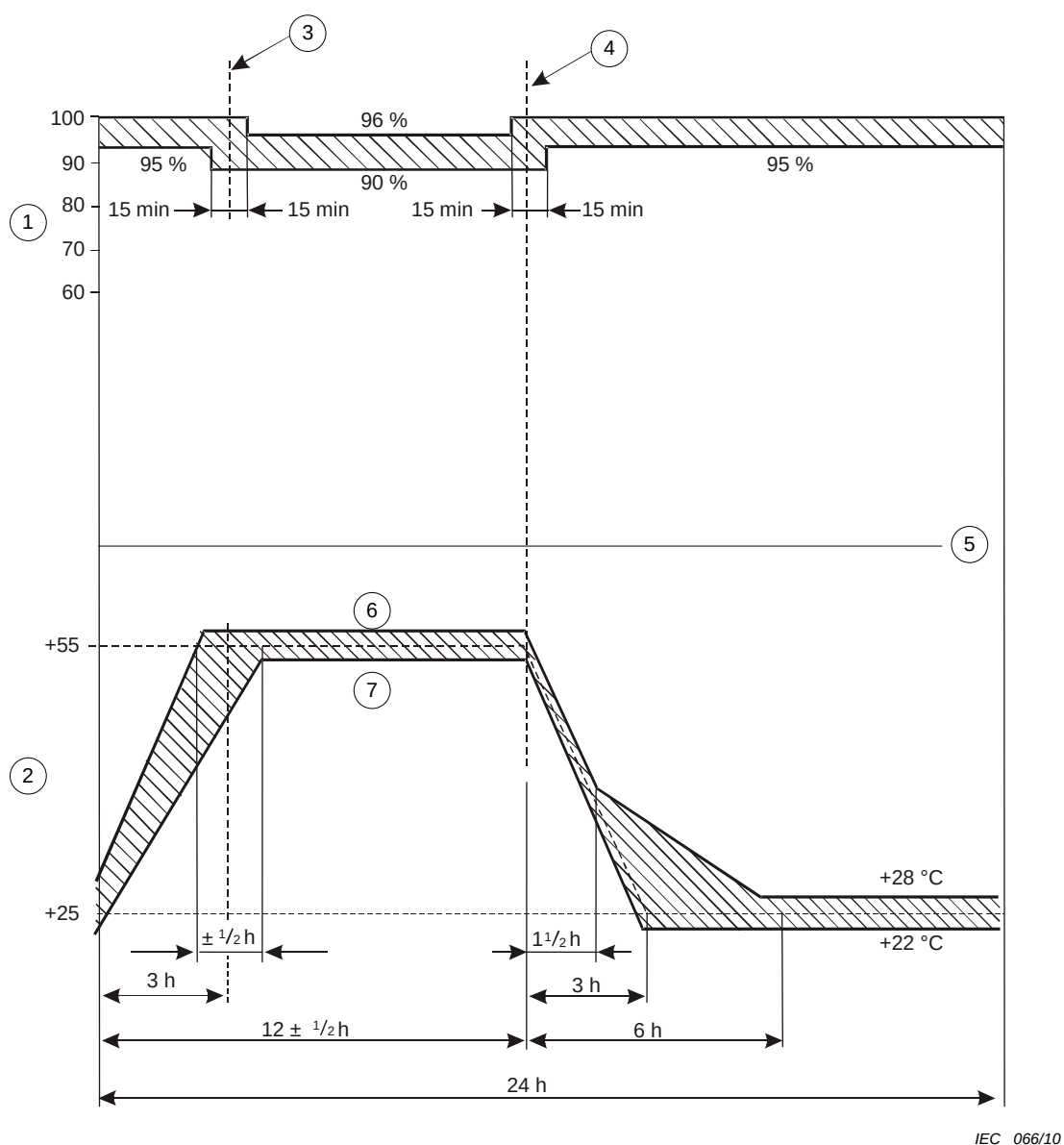


IEC 065/10

Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Période de stabilisation
- 4 Premier cycle
- 5 Temps requis pour atteindre 95 %-100 % d'humidité relative (inférieur ou égal à 1 h)
- 6 Temps
- 7 Début du premier cycle
- 8 Temps requis pour atteindre la stabilité thermique du spécimen en essai

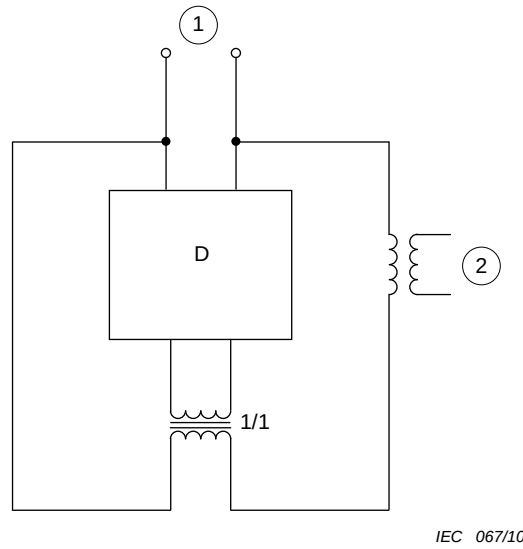
Figure 23 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.22.1.3)



Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Fin de l'élévation de température
- 4 Début de la diminution de température
- 5 Temps
- 6 Température supérieure +57 °C
- 7 Température inférieure +53 °C

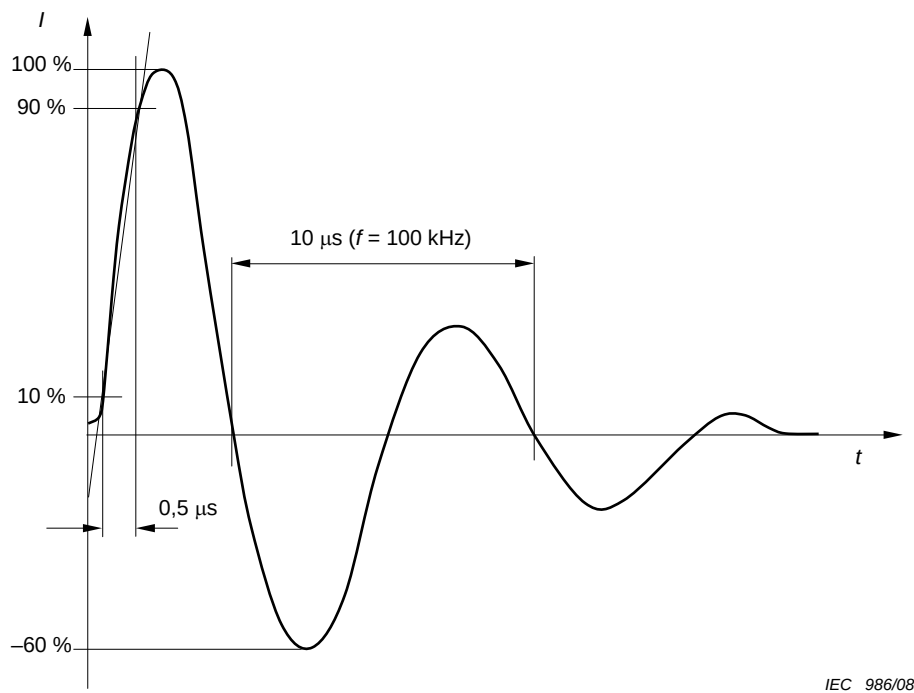
Figure 24 – Cycle d'essai de fiabilité (9.22.1.3)



Légende

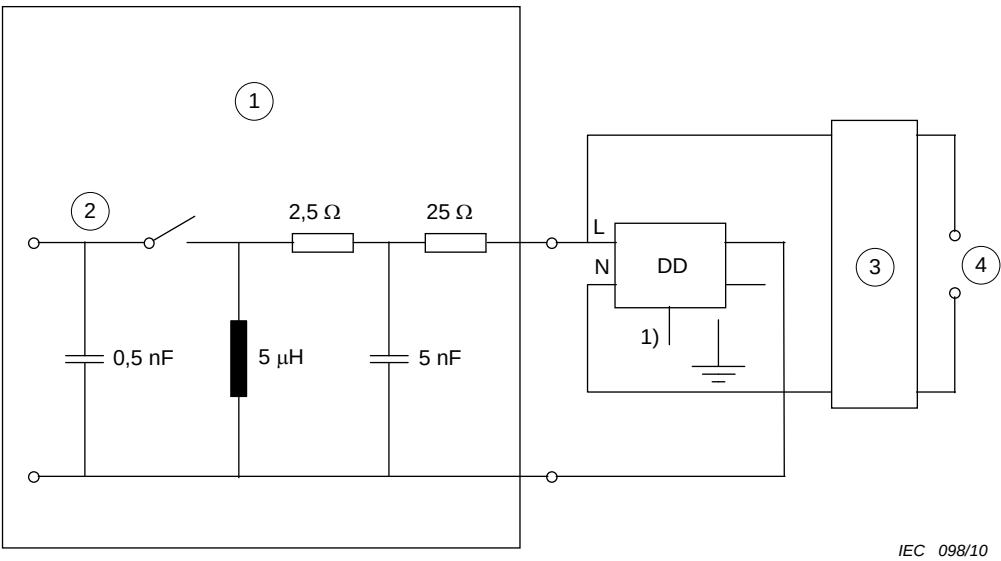
- D DD en essai
- 1 Alimentation à $1,1 U_n$
- 2 Alimentation en courant

Figure 25 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.23)



NOTE Il convient de faire attention à ce que l'onde oscillatoire soit garantie au moins jusqu'à la 5ème période complète (50 μ s).

Figure 26 – Onde de courant oscillatoire amortie, 0,5 μ s/100 kHz

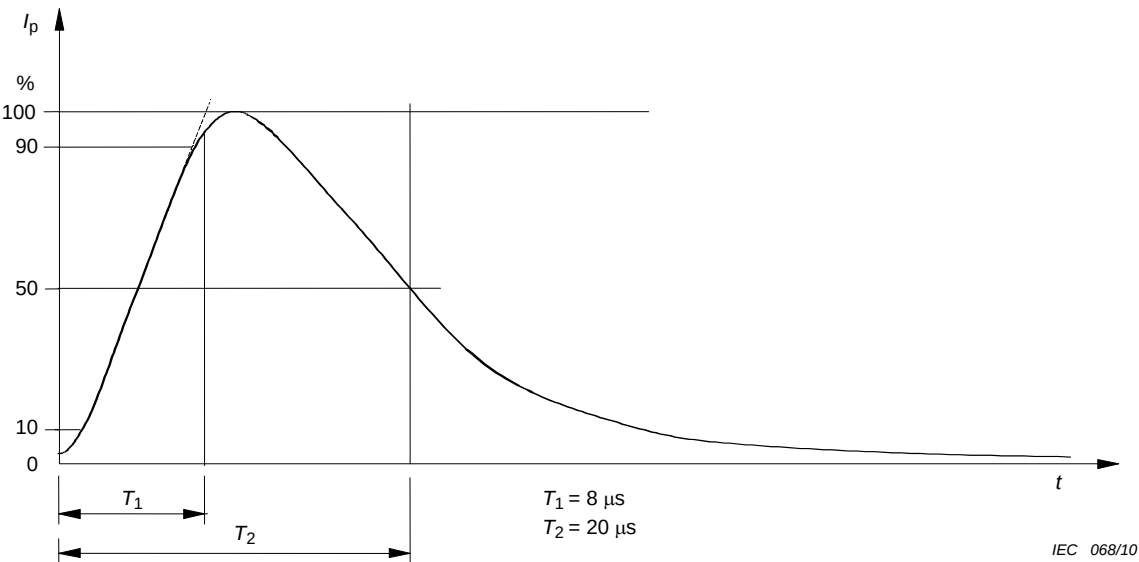


IEC 098/10

Légende

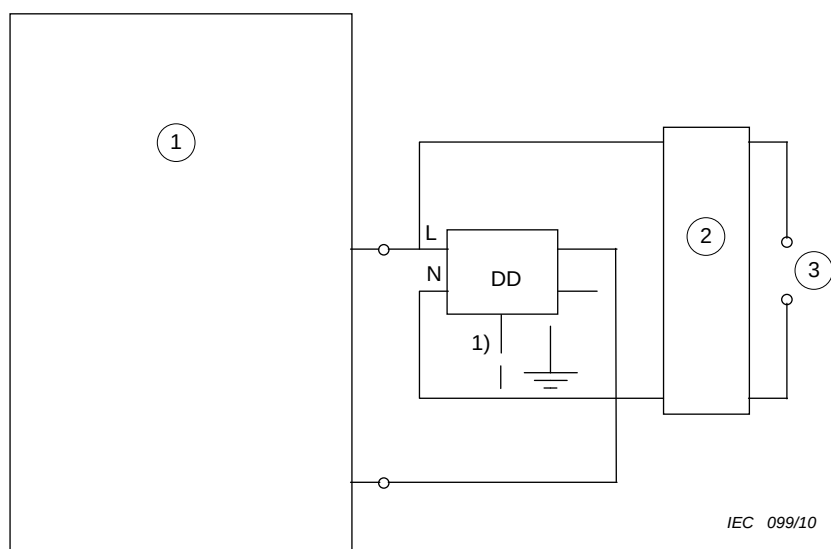
- 1 Générateur d'onde oscillatoire amortie 0,5 μs/100 kHz
 - 2 Déclencheur
 - 3 Filtre
 - 4 Alimentation
- 1) Si le DD possède une borne de terre, celle-ci doit être connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DD, ou à défaut, à l'une quelconque des bornes de phase.

Figure 27 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie



IEC 068/10

Figure 28 – Onde de courant 8/20 μs



Légende

- 1 Générateur d'onde de courant 8/20 μ s
- 2 Filtre
- 3 Alimentation

- 1) Si le DD possède une borne de terre, celle-ci doit être connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DD, ou à défaut, à l'une quelconque des bornes de phase.

Figure 29 – Circuit d'essai pour l'essai à l'onde de courant

Annexe A (normative)

Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification³

A.1 Séquences d'essais

Les essais sont effectués en accord avec le Tableau A.1, les essais de chaque séquence étant effectués dans l'ordre indiqué.

Tableau A.1 – Séquences d'essais

Séquence d'essai	Article ou paragraphe	Essai (ou examen))
A ₁	6	Marquage
	8.1.1	Généralités
	8.1.2	Mécanisme
	9.3	Indébilite du marquage
	8.1.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
	8.1.6	Non-interchangeabilité
	9.11	Mécanisme à déclenchement libre
	9.4	Sûreté des vis, parties transportant le courant et connexions
	9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
	9.6	Protection contre les chocs électriques
	9.14	Résistance à la chaleur
	8.1.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
	9.25	Résistance à la rouille
A ₂	9.15	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B	9.7.7.4	Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
	9.7.7.5 ^a	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
	9.7.1	Résistance à l'humidité
	9.7.2	Résistance d'isolement du circuit principal
	9.7.3	Rigidité diélectrique du circuit principal
	9.7.4	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
	9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
	9.7.5	Circuit secondaire des transformateurs de détection
	9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal etc..
	9.8	Echauffement
	9.22.2	Fiabilité à 40 °C
	9.23	Vieillessement des composants électroniques

³ Le terme « certification » recouvre, soit la Déclaration de Conformité par le constructeur, soit la Certification par Tierce Partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Séquence d'essai		Article ou paragraphe	Essai (ou examen))
C	C ₁	9.10 9.12.11.2.1 (et 9.12.12)	Endurance mécanique et électrique Essais aux courants de court-circuit réduits (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
	C ₂	9.12.11.2.2 (et 9.12.12)	Essai de court-circuit sur les DD pour vérifier leur aptitude à l'emploi en schémas IT (Vérification du DD après les essais de court-circuit)
D ₀		9.9.1	Caractéristiques de fonctionnement dans des conditions de courants différentiels résiduels
D ₁		9.17 9.19 9.12.13 9.16	Comportement en cas de défaillance de la tension d'alimentation Comportement en cas d'ondes de courant Performance à $I\Delta m$ Dispositif de contrôle
E ₀		9.9.2	Caractéristique de fonctionnement en cas de surintensité
E ₁		9.13 9.12.11.3 (et 9.12.12)	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs Essai de court-circuit à 1 500 A
F ₀		9.12.11.4 b) (et 9.12.12)	Performance au pouvoir de coupure de service en court-circuit
F ₁		9.12.11.4 c) (et 9.12.12.2)	Performance au pouvoir de coupure assignée
G		9.22.1	Fiabilité (essais climatiques)
H ^{ab}		CEI 61543 ⁴ Tableau 4 – T1.1 CEI 61543 Tableau 4 – T1.2 CEI 61543 Tableau 5 – T2.3	Harmoniques, interharmoniques Transmission de signaux sur le secteur Transitoires unidirectionnels conduits à l'échelle ms et μ s
I		CEI 61543 Tableau 5 – T2.1 CEI 61543 Tableau 5 – T2.5 CEI 61543 Tableau 5 – T2.2	Tensions ou courants induits oscillatoires Champ électromagnétique rayonné Transitoires rapides (salves)
J		CEI 61543 Tableau 5 – T2.6 CEI 61543 Tableau 6 -3.1	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz Décharge électrostatiques
a Cet essai peut être effectué sur des échantillons séparés.			
b Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.			

A.2 Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Si un DD seulement d'un courant assigné et d'un courant différentiel assigné donnés d'un type donné (nombre de pôles, déclenchement instantané) est présenté aux essais, le nombre d'échantillons à soumettre aux différentes séries d'essais est celui indiqué dans le Tableau A.2 où sont également indiqués les critères minimaux de performance.

Si tous les échantillons présentés selon la deuxième colonne du Tableau A.2 satisfont aux essais, la conformité à la norme est satisfaite. Si seul le nombre minimal donné dans la troisième colonne satisfait aux essais, des échantillons supplémentaires comme indiqué dans la quatrième colonne doivent être essayés et doivent alors satisfaire à la séquence d'essais.

⁴ Voir la CEI 61543:1995, Amendement 1:2004 et Amendement 2:2005.

Pour les DD ayant seulement un courant assigné, mais plus d'un courant différentiel résiduel, deux lots séparés d'échantillons doivent être soumis à chaque séquence d'essais, l'un réglé au courant différentiel le plus élevé, l'autre réglé au courant différentiel le plus faible.

Tableau A.2 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essais totale

Séquence d'essais	Nombre d'échantillons	Nombre minimal d'échantillons acceptés ^{a, b}	Nombre d'échantillons pour les essais recommencés ^c
A ₁	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C ₁	3	2 ^d	3
C ₂	3	2 ^d	3
D	3	2 ^d	3
E	3	2 ^d	3
F ₀	3	2 ^d	3
F ₁	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a Au total, un maximum de trois séquences d'essais peut être recommencé.

^b On suppose que tout échantillon qui n'a pas satisfait à un essai n'a pas répondu aux exigences en raison de défauts à la fabrication ou au montage qui ne sont pas représentatifs de la conception.

^c En cas d'essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.

^d A l'exception des essais des 9.12.10, 9.12.11.2, 9.12.11.3, 9.12.11.4 et 9.12.13, selon le cas, que tous les échantillons doivent satisfaire.

^e A la demande du constructeur, le même groupe d'échantillons peut être soumis à plus d'une seule de ces séquences d'essais.

A.3 Nombre d'échantillons soumis à une procédure simplifiée en cas de présentation simultanée d'une série de disjoncteurs de même conception de base

A.3.1 Si une famille de DD de même conception de base ou une extension à une telle série de DD est présentée pour la certification, le nombre d'échantillons à essayer peut être réduit suivant les Tableaux A.3, A.4 et A.5.

NOTE Pour le besoin de cette annexe, le terme «même conception de base» couvre une famille de DD ayant une série de courants assignés (I_n), une série de courants différentiels résiduels ($I_{\Delta n}$) et des nombres différents de pôles.

Des DD peuvent être considérés comme étant de même conception de base si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) ils dérivent du même modèle fondamental; en particulier il ne doit pas y avoir de types dépendants et indépendants de la tension d'alimentation dans la même famille;
- 2) les dispositifs différentiels ont des mécanismes de déclenchements identiques et des relais ou solénoïdes identiques à l'exception des variations permises en c) et d) ci-dessous;
- 3) les matériaux, finitions et dimensions des parties intérieures transportant du courant sont identiques hormis les différences explicitées en a) ci-dessous;

- 4) les bornes sont de conceptions similaires (voir b) ci-dessous);
- 5) la taille, la matière, la configuration et la méthode de fixation des contacts sont identiques;
- 6) le mécanisme de commande manuelle, les matériaux et les caractéristiques physiques sont identiques;
- 7) le moulage et les matériaux isolants sont identiques;
- 8) la méthode, les matériaux et la construction du système d'extinction de l'arc sont identiques;
- 9) la conception de base du dispositif de détection différentiel est identique pour un type de caractéristique donné, excepté les différences permises en c) ci-dessous;
- 10) la conception de base du dispositif de déclenchement différentiel, excepté les différences permises en d) ci-dessous, est identique;
- 11) la conception de base du dispositif de contrôle, excepté les différences permises en e) ci-dessous, est identique.

Les différences suivantes sont autorisées sous réserve que les DD satisfassent en tous autres points aux exigences détaillées ci-dessus:

- a) aire de la section droite des connexions internes transportant du courant et longueurs des connexions au tore;
- b) dimensions des bornes;
- c) nombre de spires et aire de la section droite des enroulements et matériau du noyau du transformateur différentiel;
- d) la sensibilité du relais et/ou le circuit électronique associé s'il y a lieu;
- e) la valeur ohmique du dispositif produisant les ampères tours maximaux nécessaires pour se conformer à l'essai du 9.16. Le circuit peut être raccordé entre phases ou entre phase et neutre.

A.3.2 Pour les DD de même classification selon le mode de fonctionnement (4.1), de même classification selon le comportement en présence d'une composante continue (4.6) et de même classification selon la temporisation (4.7), ayant un courant assigné et un courant de fonctionnement différentiel assigné différents, le nombre d'échantillons à essayer peut être réduit selon le Tableau A.3.

Tableau A.3 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essais simplifiée

Séquence d'essai	Nombre d'échantillons en fonction du nombre de pôles ^{a, g}		
	2 pôles ^{b, c}	3 pôles ^{d, f, j}	4 pôles ^e
A ₁	1 I _n max. I _{Δn} min.	1 I _n max. I _{Δn} min.	1 I _n max. I _{Δn} min.
A ₂	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
B	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
C	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
D ₀ + D ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
D ₀	1 pour tous les autres I _{Δn} avec I _n max.		
E ₀ + E ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
E ₀	1 ⁱ pour tous les autres I _n avec I _{Δn} min.		
F ₀	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
	3 I _n min. I _{Δn} max. rating	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.
F ₁	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.	3 I _n min. I _{Δn} max.
G	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.	3 I _n max. I _{Δn} min.
H ^k	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
I	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
J	3 ^h échantillons de la même valeur assignée I _n choisis au hasard I _{Δn} min.		
^a Si un essai doit être répété selon le critère de performance minimal de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.			
^b Si seuls des DD tripolaires ou tétrapolaires sont soumis à cette procédure, cette colonne doit aussi être appliquée au lot d'échantillons ayant le plus petit nombre de pôles.			
^c Egalement applicable aux DD unipolaires avec neutre, non coupé et aux DD bipolaires avec un pôle protégé.			
^d Egalement applicable aux DD tripolaires avec 2 pôles protégés.			
^e Egalement applicable aux DD tripolaires avec neutre non coupé et aux DD tétrapolaires avec 3 pôles protégés.			
^f Cette colonne est omise dans le cas où des DD tétrapolaires ont été essayés.			
^g Si une valeur de I _{Δn} seulement est soumise, I _{Δn} min. et I _{Δn} max. sont remplacés par I _{Δn} .			
^h Seulement le nombre le plus élevé de voies de courant.			
ⁱ Pour cette séquence seul l'essai du 9.9.2 est exigé.			

- j Si un DD tripolaire avec 4 voies de courant et un DD tétrapolaire sont soumis à cette procédure, alors seul le DD tétrapolaire est essayé, avec une exception pour l'essai du 9.8 de la séquence d'essai B pour laquelle les deux types sont soumis à l'essai.
- k Si l'exigence pour tester le calibrage max I_n et le calibrage min I_n ne couvre pas toute la gamme possible de DDs (RCBOs), le minimum $I_{\Delta n}$ sera choisi pour le test dans tous les cas.

A.3.3 Pour une sous-famille de DD de même conception de base que ceux décrits en A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classe de déclenchement instantané différente selon le 4.11, soumise ultérieurement aux essais, le nombre d'échantillons et les séquences pris selon le Tableau A.3 peuvent être réduits selon le Tableau A.4.

Tableau A.4 – Séquences d'essais pour les DD ayant des courants de déclenchement instantanés différents

Type de DD essayé en premier	Séquence d'essais pour d'autres types de DD		
	Type B	Type C	Type D
Type B	–	$(E_0 + E_1) + F$	$(E_0 + E_1) + F$
Type C	$E_0^a + B^a$	–	$(E_0 + E_1) + F$
Type D	$E_0^a + B^a$	$E_0^a + B^{a, b}$	–
^a Pour ces essais, seuls les essais des 9.8 et 9.9.2.2 sont requis.			
^b Quand la certification est requise simultanément pour les DD de type B, C et D ayant le même pouvoir de coupure assigné, seul E_0 est requis si les échantillons de type B et C ont été testés.			

A.3.4 Pour une sous-famille de DD de la même conception de base que ceux décrits au A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classification de temporisation différente selon le 4.7, soumise ultérieurement aux essais, le nombre supplémentaire d'échantillons et de séquences doit être celui donné au Tableau A.3 excepté que les séquences A, B, et E_0 peuvent être omises.

A.3.5 Pour une sous-famille de DD de la même conception de base que ceux décrits au A.3.1 et essayés selon le A.3.2, mais de classification relative au comportement en présence de composantes continues selon le 4.6 différente, soumise ultérieurement aux essais, le nombre supplémentaire d'échantillons et de séquences peut être réduit selon le Tableau A.5.

Tableau A.5 – Séquences d'essais pour les DD de classifications différentes selon 4.6

Séquence d'essai	Nombre d'échantillons en fonction du nombre de pôles ^a		
	2-pôles ^{b, c}	3-pôles ^{d, f}	4-pôles ^e
D_0 et D_1	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.	1 I_n max. $I_{\Delta n}$ min.
D_0	1 pour tous les autres $I_{\Delta n}$ avec I_n max.		
^a Si un essai doit être répété selon le critère de performance minimal de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les résultats doivent être satisfaisants.			
^b Si seuls des DD tripolaires ou tétrapolaires sont soumis à cette procédure, cette colonne doit être appliquée au lot d'échantillons ayant le plus petit nombre de pôles au lieu de la colonne appropriée.			
^c Egalement applicable aux DD unipolaires avec neutre, non coupé et aux DD bipolaires avec un pôle protégé.			
^d Egalement applicable aux DD tripolaires avec deux pôles protégés.			
^e Egalement applicable aux DD tripolaires avec neutre non coupé et aux DD tétrapolaires avec trois pôles protégés.			
^f Cette colonne est omise dans le cas où des DD tétrapolaires ont été essayés.			

Annexe B (normative)

Détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite

B.1 Généralités

Pour la détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite, il est recommandé de tenir compte des points suivants.

B.2 Orientation et emplacement d'une ligne de fuite

Si nécessaire, le fabricant doit indiquer l'orientation prévue de l'équipement ou du composant de manière que les lignes de fuite ne soient pas malencontreusement détériorées par une accumulation de pollution pour laquelle elles n'étaient pas conçues.

B.3 Lignes de fuite lorsque plus d'un matériau est utilisé

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties de différents matériaux et/ou peut avoir différents degrés de pollution si une des lignes de fuite est dimensionnée pour résister à la tension totale ou si la distance totale est dimensionnée en fonction du matériau ayant l'IRC le plus faible et le degré de pollution le plus élevé.

B.4 Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties, dans le même matériau isolant, y compris ou séparée par des conducteurs flottants sous réserve que la somme des distances le long de chaque partie individuelle soit supérieure ou égale à la ligne de fuite exigée si la partie flottante n'existait pas.

La distance minimale X pour chaque partie individuelle de la ligne de fuite est donnée en 6.2 de la CEI 60664-1:2007 (voir aussi Exemple 11 à la Figure B.1).

B.5 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Pour déterminer les lignes de fuite selon la CEI 60664-1, la dimension X spécifiée dans les exemples suivants a une valeur minimale de 1,0 mm pour un degré de pollution 2.

Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur X minimale peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

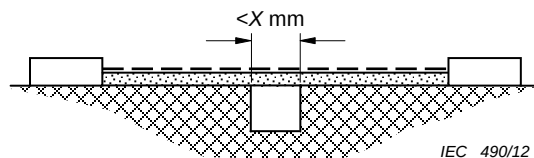
Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans la Figure B.1. Ces exemples ne font pas de différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

- tout puit est supposé être ponté par une liaison isolante de longueur égale à la largeur X spécifiée et placée dans la position la plus défavorable (voir Exemple 3);
- lorsque la distance au-dessus d'une rainure est supérieure ou égale à la largeur spécifiée X , la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir Exemple 2);

- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties mobiles l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.

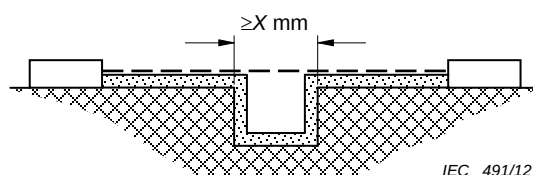
Exemple 1



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

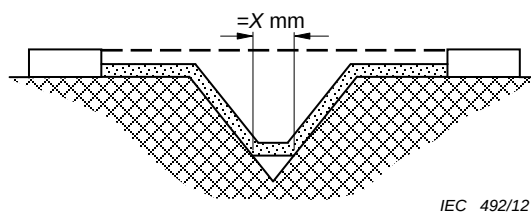
Exemple 2



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

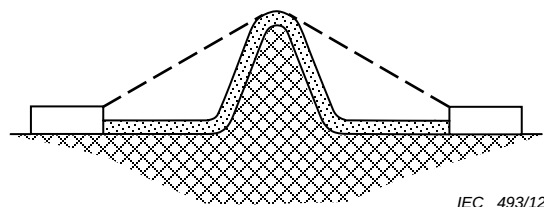
Exemple 3



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais «court-circuite» le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

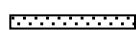
Exemple 4



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

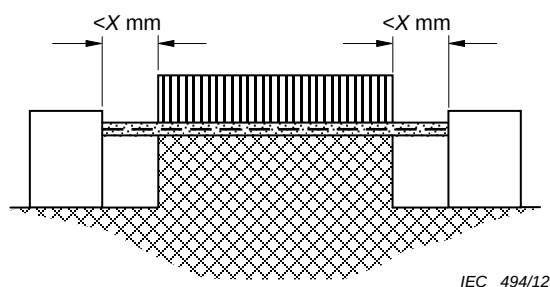
Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

— — — Distance d'isolement dans l'air



Ligne de fuite

Exemple 5

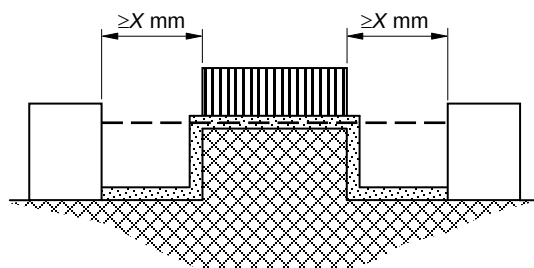


IEC 494/12

Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée cidessus.

Exemple 6

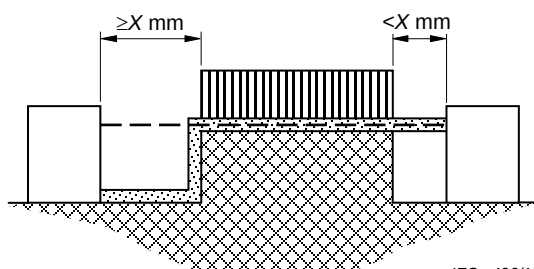


IEC 495/12

Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures

Exemple 7



IEC 496/12

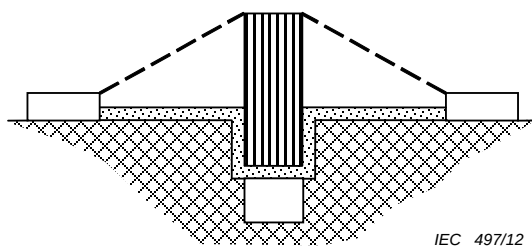
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

— — — Distance d'isolement dans l'air

▤ ▤ ▤ Ligne de fuite

Exemple 8

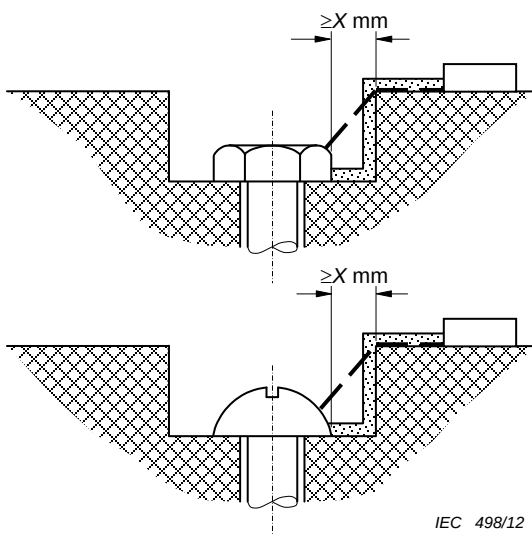


IEC 497/12

Condition: La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par dessus la barrière.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par dessus le sommet de la barrière.

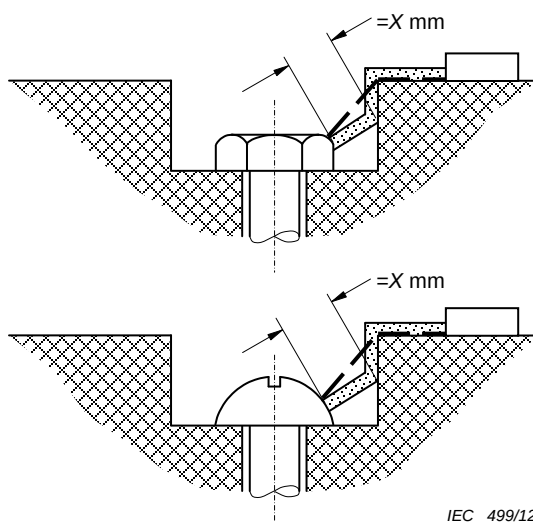
Exemple 9



IEC 498/12

Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

Exemple 10

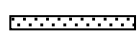


IEC 499/12

Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

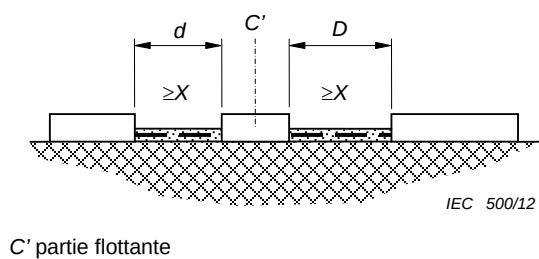
La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

— — — Distance d'isolement dans l'air



Ligne de fuite

Exemple 11



C' partie flottante

Distance d'isolement = $d + D$

Ligne de fuite = $d + D$

— — — Distance d'isolement dans l'air  Ligne de fuite

Figure B.1 – Exemples de méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Annexe C (normative)

Disposition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit

L'appareil à essayer est installé comme il est décrit en Figure C.1, ce qui peut nécessiter une adaptation aux spécificités de l'appareil, et en accord avec les instructions du constructeur.

Lorsqu'elle est spécifiée, c'est-à-dire pendant les opérations «O», une feuille transparente de polyéthylène d'épaisseur $(0,05 \pm 0,01)$ mm, qui dépasse 50 mm dans toutes les directions les dimensions hors-tout de la face avant de l'appareil mais pas moins que 200 mm × 200 mm, est fixée, raisonnablement tendue dans un cadre placé à 10 mm

- soit de la position la plus débordante de l'organe de manœuvre pour un appareil dont l'organe de manœuvre ne se trouve pas dans un renforcement,
- soit du bord du renforcement pour un appareil dont l'organe de manœuvre se trouve dans un renforcement.

Il convient que la feuille ait les propriétés physiques suivantes:

Masse volumique à 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$

Point de fusion: $110 \text{ °C} - 120 \text{ °C}$.

Lorsqu'elle est spécifiée, une barrière en matériau isolant, d'au moins 2 mm d'épaisseur, est placée, comme il est décrit en Figure C.1, entre l'orifice d'échappement et la feuille de polyéthylène, pour empêcher qu'elle soit endommagée par des particules brûlantes projetées par cet orifice.

Lorsqu'elles sont spécifiées, une ou des grilles conformes à la Figure C.2, sont placées à une distance «a» mm de chaque orifice d'échappement de l'appareil.

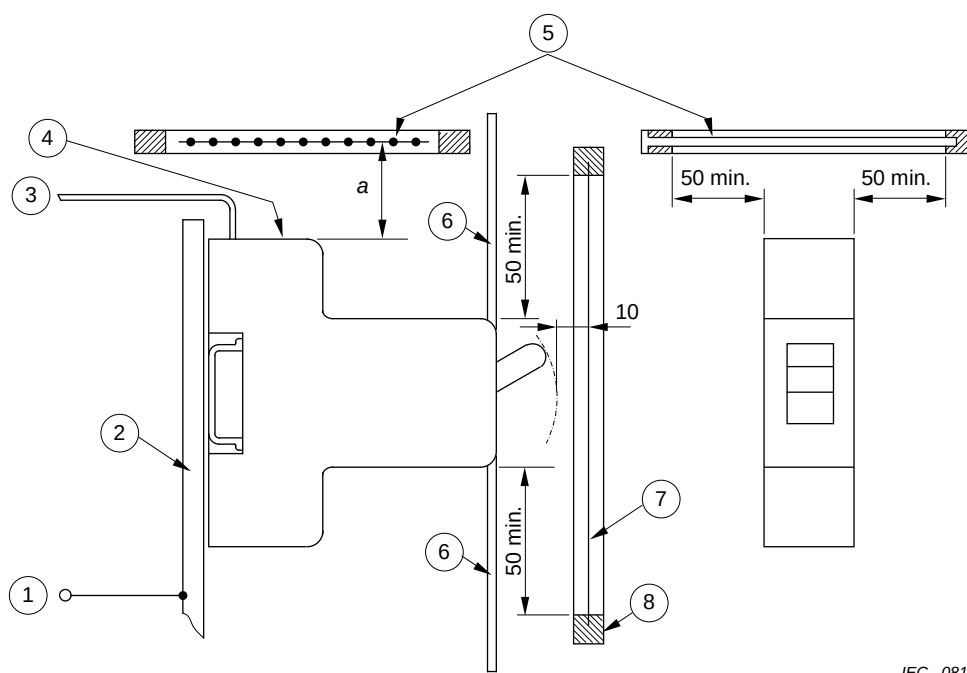
Le circuit de grille (voir Figure C.3) doit être connecté aux points B et C (voir Figures 7 ou 8, selon le cas).

Les paramètres du circuit de grille sont les suivants:

Résistance R': $1,5 \Omega$

Fil de cuivre F': longueur 50 mm et diamètre selon le 9.12.9.1.

Dimensions en millimètres

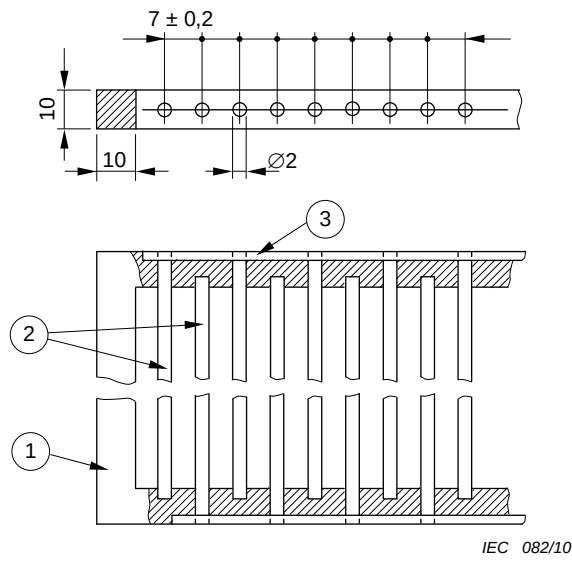


IEC 081/10

Légende

- 1 Vers le fusible F
- 2 Plaque métallique
- 3 Câble
- 4 Orifice d'échappement
- 5 Grille
- 6 Barrière
- 7 Feuille de polyéthylène
- 8 Châssis

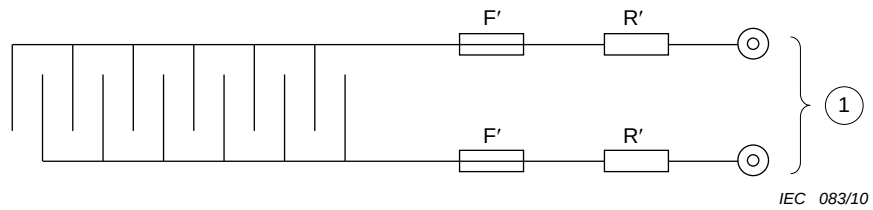
Figure C.1 – Dispositif d'essai



Légende

- 1 Châssis en matériau isolant
- 2 Fils de cuivre
- 3 Raccordement métallique des fils de cuivre

Figure C.2 – Grille



Légende

- 1 Raccordés aux points B et C (Voir Figure 7 ou 8, selon le cas)

Figure C.3 – Circuit de grille

Annexe D (normative)

Essais individuels

D.1 Généralités

Les essais spécifiés dans la présente norme sont destinés à déceler, dans la mesure où la sécurité est en cause, les changements inacceptables de matière ou de fabrication.

En général, il faut effectuer des essais supplémentaires pour s'assurer que chaque DD est conforme aux échantillons qui ont satisfait aux essais de la présente norme, selon l'expérience acquise par le constructeur.

D.2 Essai de déclenchement

On fait passer un courant résiduel alternativement dans chacun des pôles du DD. Le DD ne doit pas déclencher pour un courant inférieur ou égal à $0,5 I_{\Delta n}$, mais il doit déclencher à $I_{\Delta n}$ dans un temps prescrit (voir Tableau 2).

Le courant d'essai doit être appliqué au moins cinq fois à chaque DD et doit être appliqué au moins deux fois à chaque pôle.

D.3 Essai diélectrique

Une tension pratiquement sinusoïdale de 1 500 V, de fréquence 50 Hz/60 Hz, est appliquée pendant 1 s comme suit:

- a) le DD étant dans la position «ouvert», entre chaque paire de bornes qui sont reliées électriquement entre elles lorsque le DD est dans la position «fermé»;
- b) pour les DD ne comportant pas de composants électroniques, le DD étant dans la position «fermé», à tour de rôle entre chaque pôle et les autres reliés entre eux;
- c) pour les DD comportant des composants électroniques, le DD étant dans la position «ouvert», soit entre toutes les bornes d'entrée des pôles à tour de rôle, soit entre toutes les bornes de sorties des pôles à tour de rôle, en fonction de la position des composants électroniques.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni contournement, ni perforation.

D.4 Fonctionnement du dispositif d'essai

Le DD étant en position fermé et connecté à une alimentation de la tension appropriée, le dispositif d'essai, lorsqu'il est manœuvré, doit provoquer l'ouverture du DD.

Lorsque le dispositif d'essai est destiné à fonctionner avec plus d'une valeur de la tension assignée, l'essai doit être effectué à la plus faible valeur de la tension assignée.

Annexe E (normative)

Exigences particulières pour les circuits auxiliaires pour très basse tension de sécurité

Paragraphe 8.1.3 – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite

La note suivante s'applique au Tableau 7:

NOTE 1 Il convient que les parties actives des circuits auxiliaires destinés à être à très basse tension de sécurité séparent des circuits à des tensions plus élevées conformément aux exigences du 414.4.3 de la CEI 60364-4-41:2005.

Paragraphe 9.7.4 – Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

Ajouter ce qui suit au point b):

NOTE Un essai pour les circuits destinés au raccordement à très basse tension de sécurité est à l'étude.

Ajouter ce qui suit aux notes du point c):

NOTE 5 Les valeurs des tensions d'essai des circuits destinés au raccordement à très basse tension de sécurité sont à l'étude.

Annexe F (normative)

Coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit

L'information donnée dans l'Annexe D de la CEI 60898-1:2002 pour assurer la coordination entre disjoncteurs et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit peut également s'appliquer pour assurer la coordination entre DD et coupe-circuit à fusibles séparés associés dans le même circuit.

Annexe G (normative)

Exigences supplémentaires et essais pour les disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur et d'un déclencheur différentiel adaptable destinés à être assemblés sur site

G.1 Généralités

La partie de cette norme s'applique dans tous ses aspects aux dispositifs couverts par cette annexe à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

G.2 Champ d'application

Cette annexe s'applique aux disjoncteurs différentiels constitués d'un disjoncteur satisfaisant aux exigences de la CEI 60898-1 et d'un déclencheur différentiel adaptable conçu pour être assemblé sur site selon les instructions du constructeur.

G.3 Définitions

Ajouter la définition suivante en référence avec l'Article 3 de cette norme:

3.3.23

déclencheur différentiel adaptable

DDA

dispositif assurant simultanément les fonctions de détection du courant différentiel résiduel et la comparaison de la valeur de ce courant avec la valeur du déclenchement différentiel résiduel et comprenant le moyen d'actionner le mécanisme de déclenchement d'un disjoncteur avec lequel il est destiné à être assemblé

G.4 Marquage et autres informations sur le produit

G.4.1 Nom du constructeur ou marque commerciale

En référence à l'Article 6 point a) de cette norme, le disjoncteur et le déclencheur différentiel adaptable, avec lequel il doit être assemblé, doivent porter le même nom de constructeur ou la même marque commerciale.

G.4.2 Marquage

G.4.2.1 Marquage du disjoncteur

Le marquage du disjoncteur doit être en accord avec la CEI 60898-1.

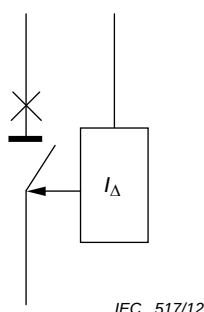
G.4.2.2 Marquage du déclencheur différentiel adaptable (DDA)

Le déclencheur différentiel adaptable doit être marqué des points suivants, en référence à l'Article 6 de cette norme:

a), b), c), e), f), g), k), m), n), q) et, si nécessaire, l).

De plus, le DDA doit être marqué

- du courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel il peut être assemblé (par exemple 63 A max.)
- du symbole:



G.4.2.3 Marquage de l'assemblage du disjoncteur et du DDA (DD)

Les marques suivantes sur le DDA spécifiées au G.4.2.2 ne doivent pas être visibles après l'assemblage:

- c)
- courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel le DDA peut être assemblé

Le marquage l) du DDA, s'il y a lieu, doit rester visible après assemblage.

G.4.3 Instructions d'assemblage et de fonctionnement

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le DDA.

Ces instructions doivent couvrir au moins ce qui suit:

- référence de(s) type(s) et numéro(s) de catalogue couvrant les courants et tensions assignés, nombre de pôles, etc. du disjoncteur avec lequel le DDA est destiné à être assemblé;

NOTE Le nombre de voies de courant du DD correspond au nombre de voies de courant du DDA. Une liaison ou une borne de neutre peut remplacer le pôle neutre du disjoncteur.

- facteur(s) de déclassement, s'il y a lieu;
- nécessité de contrôler le fonctionnement normal après assemblage pour vérifier le fonctionnement mécanique;
- vérification du fonctionnement du déclenchement en utilisant le bouton d'essai.

G.5 Exigences de construction

G.5.1 Généralités

La conception doit être telle qu'il soit possible d'assembler le DD sur site.

La conception doit être telle que cet appareil puisse être démonté sur site conformément aux instructions du fabricant.

Pour les dispositifs déclarés non appropriés au démontage, le désassemblage doit laisser des dommages permanents visibles.

La conformité est vérifiée selon G.6.4.

G.5.2 Degré de protection

Le degré de protection d'un DDA ne doit pas être inférieur à celui du disjoncteur avec lequel il doit être assemblé.

G.5.3 Exigences mécaniques

Le disjoncteur et le DDA doivent s'assembler facilement dans la position correcte et la conception doit être telle qu'elle empêche un assemblage incorrect.

Il ne doit pas y avoir de parties séparées pour le couplage des mécanismes de déclenchement.

Les moyens de fixation pour l'assemblage doivent être imperdables.

NOTE Les capots de bornes, s'il y a lieu, ne sont pas couverts par cette exigence.

G.5.4 Compatibilité électrique

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'une tension assignée donnée avec un DDA d'une tension assignée plus faible.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'un courant assigné donné avec un DDA d'un courant maximal marqué plus faible (voir G.4.2.2).

Les bornes du DDA doivent être capables de serrer la série des sections des conducteurs spécifiés au Tableau 5 de la CEI 60898-1:2002 pour les courants assignés des disjoncteurs avec lesquels il est conçu pour être assemblé.

Les interconnexions électriques entre le DDA et le disjoncteur avec lequel il doit s'assembler doivent être attenantes au DDA.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur d'un pouvoir assigné de court-circuit donné avec un DDA tel que les performances en court-circuit en soient diminuées.

La conformité est vérifiée par examen visual et par essai manuel.

G.6 Essais de type et vérifications

G.6.1 Essais sur les disjoncteurs

Le disjoncteur doit satisfaire aux essais de type de la CEI 60898-1.

G.6.2 Essais sur les DDA

Le DDA doit satisfaire aux essais de type suivant spécifiés au Tableau 12 de cette norme:

essais des 9.3, 9.4, 9.5, 9.11 (si applicable), 9.14 et 9.15.

G.6.3 Essais sur l'assemblage du disjoncteur et du DDA (DD)

Les essais de type spécifiés au Tableau 12 de cette norme s'appliquent aux disjoncteurs différentiels (DD) couverts par cette annexe à l'exception de ce qui suit:

- les 9.3, 9.5, 9.9.2.3, 9.14 et 9.15 ne s'appliquent pas;
- pour le 9.4, les essais doivent être faits sur l'interconnexion entre le disjoncteur et le DDA;
- le 9.12 s'applique à l'exception du 9.12.11.3, à moins que I_{cn} soit égal à 1 500 A, et du 9.12.11.4 b).
- Le courant conventionnel de non déclenchement $1,13 I_n$ doit être remplacé partout par I_n .

G.6.4 Vérification du marquage et des exigences de construction des DD

La conformité avec les exigences de G.4.1, G.4.2, G.4.3, G.5.1, G.5.2, G.5.3 et G.5.4 doit être vérifiée par examen visuel et par essai manuel, selon le cas.

Pour les appareils déclarés aptes à être démontés, la conformité des exigences de G.5.1 est vérifiée par le test suivant à réaliser au début de la séquence d'essai D_0 dans le Tableau A.1.

Le nombre d'échantillons doit être conforme à la séquence d'essai D_0+D_1 du Tableau A.3.

Le DDA et le disjoncteur compatible tels que déclarés par le fabricant doivent être montés et démontés cinq fois. Le DDA et le disjoncteur compatible sont ensuite assemblés et utilisés pour l'essai de la séquence d'essai D_0 . Après chaque assemblage, le fonctionnement correct de l'ensemble doit être vérifié en utilisant le bouton de test. Le DD doit déclencher à chaque fois.

G.7 Essais individuels sur le DDA

L'Annexe D s'applique, mais les essais doivent être faits sur les DDA en association avec un disjoncteur d'essai ajusté pour les conditions les plus défavorables.

Annexe H (informative)

Vide

Annexe IA (informative)

Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit

Il n'existe pas de méthode uniforme permettant de déterminer avec précision le facteur de puissance d'un court-circuit. Deux exemples de méthodes acceptables sont donnés dans la présente annexe.

Méthode I – Détermination d'après la composante continue

L'angle φ peut être déterminé d'après la courbe de la composante continue de l'onde du courant asymétrique entre l'instant du court-circuit et l'instant de la séparation des contacts, comme suit:

La formule de la composante continue est:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

où

i_d est la valeur de la composante continue à l'instant t ;

i_{do} est la valeur de la composante continue à l'instant choisi comme origine du temps;

L/R est la constante du temps du circuit, en secondes;

t est le temps en secondes, compté à partir de l'instant initial;

e est la base des logarithmes népériens.

La constante de temps L/R peut être déterminée d'après la formule ci-dessus comme suit:

- mesurer la valeur de i_{do} à l'instant du court-circuit et la valeur de i_d à un autre instant t , avant la séparation des contacts;
- déterminer la valeur de $e^{-Rt/L}$ en divisant i_d par i_{do} ;
- d'après une table des valeurs de e^{-x} déterminer la valeur de $-x$ correspondant au rapport i_d/i_{do} ;
- la valeur x représente alors Rt/L , d'où l'on tire L/R .

Déterminer l'angle φ à partir de:

$$\varphi = \arctan \omega L/R$$

où ω est 2π fois la fréquence réelle.

Cette méthode n'est pas applicable lorsque les courants sont mesurés à l'aide des transformateurs de courant.

Méthode II – Détermination avec un générateur pilote

Lorsqu'il est fait usage d'un générateur pilote monté sur l'arbre du générateur d'essai, la tension du générateur pilote sur l'oscillogramme peut être comparée du point de vue de l'angle de phase d'abord à celle du générateur d'essai et ensuite au courant du générateur d'essai.

La différence d'angle de phase entre la tension du générateur pilote et celle du générateur principal d'une part, entre la tension du générateur pilote et le courant du générateur principal d'autre part, donne l'angle de phase entre la tension et le courant du générateur d'essai, à partir duquel on peut déterminer le facteur de puissance.

Annexe IB (informative)

Glossaire des symboles

Courant assigné	I_n
Courant différentiel	I_{Δ}
Courant différentiel de fonctionnement assigné	$I_{\Delta n}$
Courant différentiel de non-fonctionnement assigné	$I_{\Delta no}$
Tension assignée	U_n
Tension d'emploi assignée	U_e
Tension d'isolement assignée	U_i
Pouvoir de coupure et de fermeture assigné	I_m
Pouvoir de coupure et de fermeture différentiel assigné	$I_{\Delta m}$
Courant conditionnel de court-circuit assigné	I_{nc}
Courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné	$I_{\Delta c}$
Valeur limite de la tension d'alimentation à laquelle un DD fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation continue de fonctionner	U_{χ}
Valeur limite de la tension d'alimentation en dessous de laquelle un DD, fonctionnellement dépendant de la tension d'alimentation, s'ouvre automatiquement	U_y

Annexe IC (informative)

Exemples de bornes

Quelques exemples de réalisations de bornes sont donnés dans cette annexe. Le logement du conducteur doit avoir un diamètre suffisant pour recevoir les conducteurs rigides à âme massive, une section suffisante pour recevoir des conducteurs rigides à âme câblée (voir 8.1.5).

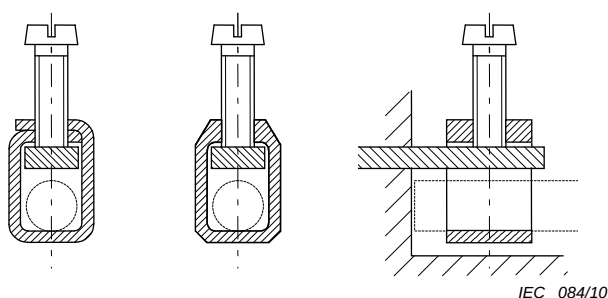


Figure IC.1a – Bornes avec étrier

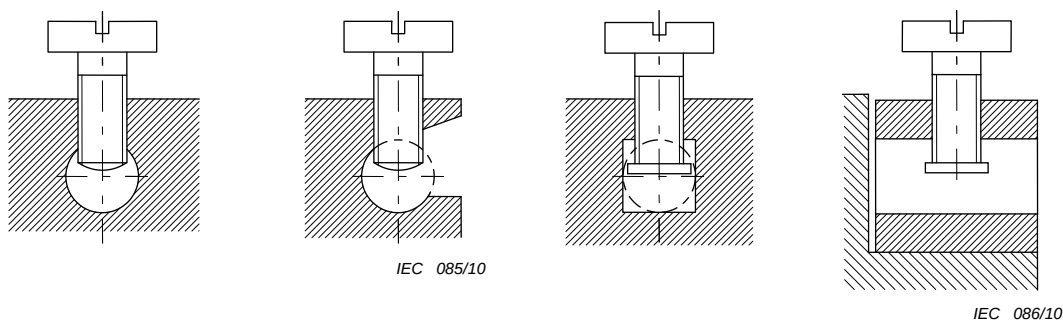


Figure IC.1b – Bornes sans plaquette

Figure IC.1c – Bornes avec plaquette

NOTE La partie de la borne portant le trou taraudé et la partie de la borne contre laquelle l'âme est serrée par la vis peuvent être deux parties distinctes, comme dans le cas d'une borne à étrier.

Figure IC.1 – Exemples de bornes à trou

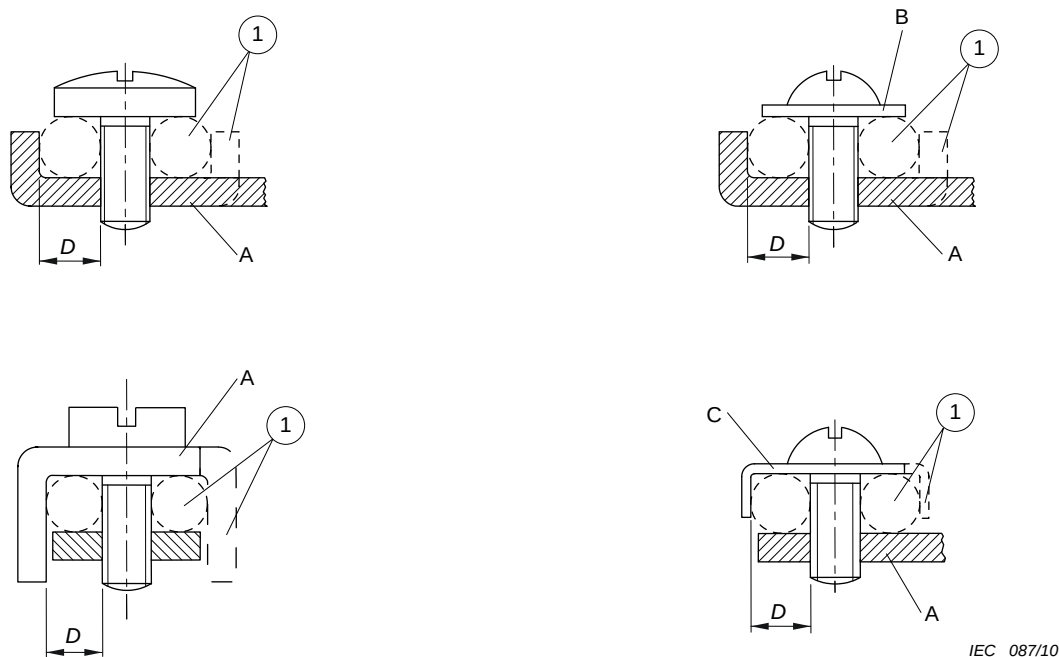


Figure IC.2a – Bornes à serrage sous tête de vis

Vis ne nécessitant pas de rondelle ou plaquette

Vis nécessitant une rondelle, plaquette ou dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper



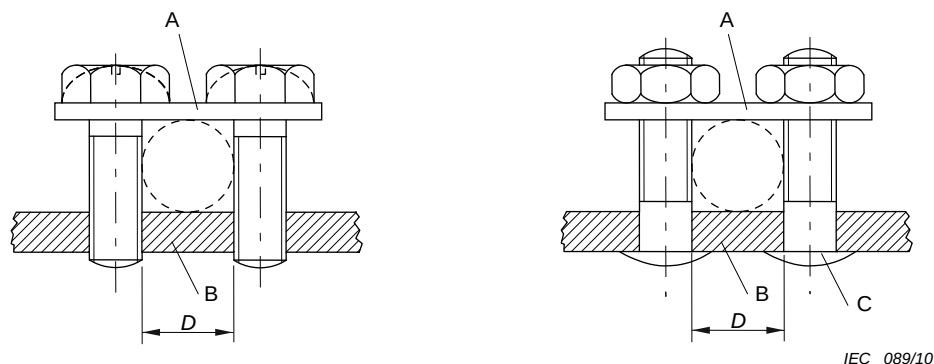
Figure IC.2b – Bornes à goujon fileté

Légende

- 1 Facultatif
- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper
- D Logement du conducteur
- E Goujon

La partie maintenant l'âme en place peut être en matière isolante, pourvu que la pression nécessaire pour le serrage de l'âme ne se transmette pas par l'intermédiaire de la matière isolante.

Figure IC.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté

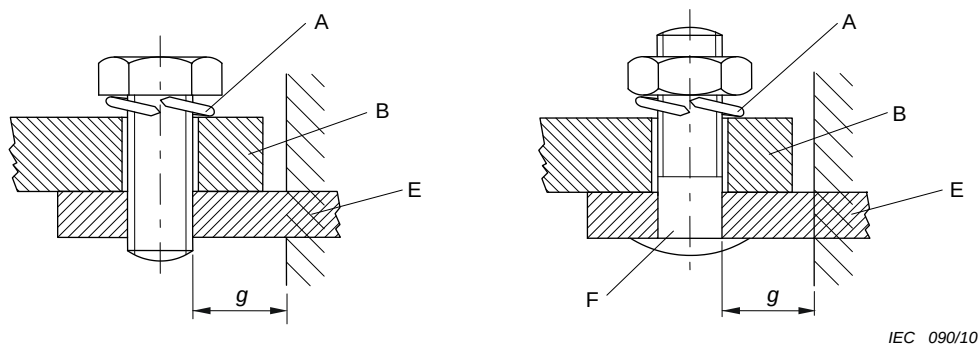


Légende

- A Plaque
- B Partie fixe
- C Goujon
- D Logement du conducteur

Les deux faces de la plaque peuvent être de formes différentes pour loger soit des âmes de petite section soit des âmes de forte section, par retournement de la plaque. Les bornes peuvent avoir plus de deux vis ou goujons de serrage.

Figure IC.3 – Exemples de bornes à plaques



Légende

- A Dispositif
- B Cosse ou barrette
- E Partie fixe
- F Goujon

Pour ce type de borne, une rondelle élastique ou un dispositif de blocage aussi efficace doit être prévu et la surface de la zone de serrage doit être lisse. Pour certains types de matériel l'emploi de bornes pour cosses et barrettes de numéros plus faibles que celui prescrit est admis.

Figure IC.4 – Exemples de bornes pour cosses et barrettes

Annexe ID (informative)

Correspondance entre les conducteurs ISO et AWG

Taille ISO mm ²	AWG	
	Taille	Aire de la section droite mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

En général les tailles ISO s'appliquent.

Sur demande du constructeur, les tailles AWG peuvent être utilisées.

Annexe IE (informative)

Programme d'essais de suivi pour les DD

IE.1 Généralités

Dans le but de garantir le maintien du niveau de qualité des produits, des procédures d'inspection de suivi du procédé de fabrication devront être mises en place par les constructeurs.

Cette annexe donne un exemple de procédure de suivi applicable pour la fabrication des DD.

Elle peut être utilisée comme guide par les constructeurs pour adapter leurs procédures spécifiques et leur organisation dans le but de maintenir le niveau de qualité de leur production.

En particulier toutes dispositions de suivi des approvisionnements et de la fabrication peuvent être prises pour garantir la qualité des produits manufacturés dont dépend la sûreté de fonctionnement du dispositif à courant différentiel résiduel.

IE.2 Programme d'essais de suivi

Le programme d'essais de suivi comprend deux séries d'essais.

IE.2.1 Programme d'essais de suivi trimestriel

Voir Tableau IE.1, séquence d'essais Q.

IE.2.2 Programme d'essais de suivi annuel

Voir Tableau IE.1, séquences Y1 à Y3.

NOTE Les essais de suivi annuels peuvent être combinés avec les essais de suivi trimestriels.

Tableau IE.1 – Séquences d'essais pendant les examens de suivi

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai	Commentaires
Q	9.16	Dispositif de contrôle	Seulement les points b) et c) à l'exception de la vérification des ampères-tours du circuit d'essais
	9.9.1.2 a)	Caractéristiques de fonctionnement différentiel	
	9.9.1.2 c)	Caractéristiques de fonctionnement différentiel	
Y1	9.9.1.2 f)	Caractéristique de fonctionnement différentiel	
	9.7	Essai des propriétés diélectriques	
	9.10	Endurance mécanique et électrique	
Y2	9.22.1	Fiabilité (essai climatique)	
Y3	9.23	Résistance au vieillissement	

IE.2.3 Procédure de prélèvement

IE.2.3.1 Programme d'essais trimestriels

Pour le programme d'essais trimestriels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales et renforcées ou la production sera arrêtée en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

- **Maintien au niveau normal**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si les six échantillons satisfont à la séquence d'essais (voir Tableau IE.2, séquence Q). Si cinq échantillons satisfont à la séquence d'essais, l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.
- **Passage du niveau normal au niveau renforcé**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais.
- **Passage du niveau normal à l'arrêt de la production**
Lorsque l'inspection normale est en vigueur et que moins de quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.
- **Passage du niveau renforcé au niveau normal**
Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque 12 échantillons au moins satisfont à la séquence d'essais (voir Tableau IE.2).
- **Maintien au niveau renforcé**
Lorsqu'étant au niveau renforcé, 10 ou 11 échantillons seulement satisfont à la séquence d'essais, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.
- **Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production**
Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque moins de 10 échantillons satisfont à la séquence d'essais lors d'une inspection, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.
- **Redémarrage de la production**
La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

IE.2.3.2 Programme d'essais annuel

Pour le programme d'essais annuel, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales ou renforcées en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués.

– **Maintien au niveau normal**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si tous les échantillons satisfont à la séquence d'essais. Si deux échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1, qu'aucun défaut n'apparaît pendant les séquences d'essais Y2 et Y3, l'inspection suivante est faite seulement trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– **Passage du niveau normal au niveau renforcé**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque:

- soit seulement un échantillon satisfait à la séquence d'essais Y1;
- soit un défaut survient pendant l'une quelconque des séquences d'essais Y2 ou Y3.

L'inspection suivante doit être effectuée dans les trois mois, au niveau renforcé pour les séquences d'essai en défaut et au niveau normal pour les autres séquences d'essais.

– **Passage du niveau normal à l'arrêt de la production**

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, et qu'aucun échantillon ne satisfait à la séquence d'essais Y1 ou que plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– **Passage du niveau renforcé au niveau normal**

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque:

- au moins cinq échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1; et
- aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3.

– **Maintien au niveau renforcé**

Lorsque étant au niveau renforcé, seulement quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1 et qu'aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et les mêmes séquences d'essais.

– **Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production**

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque lors d'une inspection annuelle l'une des situations suivantes se présente:

- soit moins de quatre échantillons satisfont à la séquence d'essais Y1;
- soit plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3;

la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– **Redémarrage de la production**

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

IE.2.4 Nombre d'échantillons à essayer

Le nombre d'échantillons pour les différents niveaux d'inspection est donné au Tableau IE.2.

Tableau IE.2 – Nombre d'échantillons à essayer

Séquence d'inspection	Nombre d'échantillons pour l'inspection normale	Nombre d'échantillons pour l'inspection renforcée
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 pour chaque séquence	6 pour chaque séquence

Parmi chaque série de DD de la même conception de base un lot d'échantillons seulement est nécessaire pour les essais quelles que soient les valeurs assignées.

Pour les besoins du programme d'essai de suivi, les DD sont considérés comme étant de la même conception de base s'ils appartiennent à la même classification, selon 4.1, et

- les organes de fonctionnement sous courant différentiel résiduel ont des mécanismes de déclenchement et des relais ou solénoïdes identiques excepté pour:
 - le nombre de tours et la section des enroulements;
 - la taille et le matériau du noyau du transformateur différentiel;
 - le courant différentiel résiduel assigné; et
- la partie électronique, s'il y a lieu, est de la même conception et utilise les mêmes composants à l'exception des variations permettant d'obtenir les différents $I_{\Delta n}$.

Annexe J (normative)

Prescriptions particulières pour les DD avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre

J.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DD compris dans le domaine d'application de l'Article 1, munis de bornes sans vis, pour des courants ne dépassant pas 20 A, essentiellement adaptés au raccordement de conducteurs en cuivre non préparés (voir J.3.6) de section inférieure ou égale à 4 mm².

NOTE 1 La limite supérieure de courant pour l'utilisation de bornes sans vis est de 16 A en Autriche, en République Tchèque, en Allemagne, au Danemark, aux Pays-Bas, en Norvège et en Suisse.

Dans cette annexe, les bornes sans vis sont appelées bornes et les conducteurs en cuivre sont appelés conducteurs.

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

J.2 Références normatives

L'Article 2 s'applique.

J.3 Définitions

En complément de l'Article 3, les définitions suivantes s'appliquent.

J.3.1

organes de serrage

parties de la borne nécessaires pour le serrage mécanique et la connexion électrique du ou des conducteurs, y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

J.3.2

borne sans vis

borne dont le raccordement et la déconnexion ultérieure sont obtenus directement ou indirectement au moyen de ressorts, de coins ou éléments similaires

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés à la Figure J.2.

J.3.3

borne universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de tous les types de conducteurs (rigides et souples)

Note 1 à l'article: Dans les pays suivants, seules les bornes sans vis du type universel sont acceptées: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE et CH.

J.3.4

borne non universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de certains types de conducteurs seulement (par exemple conducteurs massifs seulement ou conducteurs rigides seulement [massifs ou câblés])

J.3.5

borne pousse-fil

borne non universelle dans laquelle la connexion est réalisée en introduisant un conducteur rigide (massif ou câblé)

J.3.6

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée sur une certaine longueur pour son introduction dans une borne

NOTE 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est adaptée pour l'introduction dans une borne ou dont les brins sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

NOTE 2 à l'article: Le terme "conducteur non préparé" signifie conducteur non préparé par étamage des fils du conducteur, utilisation de cosses, formation d'œillets, etc. mais inclut la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

J.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

J.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

J.6 Marquage et autres informations sur le produit

En addition à l'Article 6, les prescriptions suivantes s'appliquent:

Bornes universelles:

- pas de marquage.

Bornes non universelles:

- les bornes prévues pour conducteurs massifs doivent être marquées par les lettres "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) doivent être marquées par la lettre "r";
- les bornes prévues pour conducteurs souples doivent être marquées par la lettre "f".

Il y a lieu que le marquage apparaisse sur le disjoncteur ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Un marquage approprié indiquant la longueur de l'isolation à retirer avant l'insertion du conducteur dans la borne doit figurer sur le disjoncteur.

Le constructeur doit aussi fournir dans sa documentation technique des informations sur le nombre maximal de conducteurs pouvant être serrés.

J.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

J.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 s'applique avec les modifications suivantes:

En 8.1.5, seulement 8.1.5.1, 8.1.5.2, 8.1.5.3, 8.1.5.6 et 8.1.5.7 s'appliquent.

La vérification est effectuée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2 de la présente annexe au lieu de 9.4 et 9.5.

De plus, les prescriptions suivantes s'appliquent:

J.8.1 Connexion ou déconnexion des conducteurs

La connexion ou la déconnexion des conducteurs doit être effectuée

- par l'utilisation d'un outil d'usage courant ou par un dispositif approprié incorporé à la borne servant à l'ouvrir et à faciliter l'insertion ou le retrait des conducteurs (par exemple pour les bornes universelles);

ou, pour les conducteurs rigides

- par simple insertion. Pour la déconnexion des conducteurs, une manœuvre autre qu'une traction sur le conducteur doit être nécessaire (par exemple pour les bornes pousse-fil).

Les bornes universelles doivent pouvoir recevoir des conducteurs non préparés rigides (massifs ou câblés) et souples.

Les bornes non universelles doivent pouvoir recevoir les types de conducteurs déclarés par le fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.2 Dimensions des conducteurs raccordables

Les dimensions des conducteurs raccordables sont données au Tableau J.1.

L'aptitude à raccorder ces conducteurs doit être vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

Tableau J.1 – Conducteurs raccordables

Conducteurs raccordables et leur diamètre théorique									
Métriques					AWG				
Rigides			Souples		Rigides			Souples	
	Massifs	Câblés				Massifs ^a	Classe B câblés ^a		Classes I, K, M, câblés ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	calibre	Ø mm	Ø mm	calibre	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Les diamètres des conducteurs souples et rigides les plus gros sont basés sur la CEI 60228 et, pour les conducteurs AWG, sur les publications ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, S-66-524, S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %.									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K et M.									

J.8.3 Sections raccordables

Les sections nominales à serrer sont définies au Tableau J.2.

Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis

Courant assigné A	Sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 2,5 inclus
Au-dessus de 13 jusqu'à 20 inclus	1,5 à 4 inclus

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.4 Introduction et déconnexion des conducteurs

L'introduction et la déconnexion des conducteurs doivent être effectuées suivant les instructions du fabricant.

La conformité est vérifiée par examen.

J.8.5 Conception et construction des bornes

Les bornes doivent être conçues et construites de telle sorte que

- chaque conducteur soit serré individuellement;
- pendant la connexion et la déconnexion, les conducteurs puissent être connectés ou déconnectés soit en même temps soit séparément;
- la mauvaise introduction du conducteur soit évitée.

Il doit être possible de serrer efficacement n'importe quel nombre de conducteurs jusqu'au nombre maximal prévu.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.6 Résistance au vieillissement

Les bornes doivent être résistantes au vieillissement.

La vérification est effectuée par l'essai de J.9.3.

J.9 Essais

L'Article 9 s'applique, en remplaçant 9.4 et 9.5 par les essais suivants:

J.9.1 Essai de fiabilité des bornes sans vis

J.9.1.1 Fiabilité du système sans vis

L'essai est effectué sur trois bornes de pôles d'échantillons neufs avec des conducteurs en cuivre, de la section nominale en accord avec le Tableau J.2. Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.1.

La connexion puis la déconnexion doivent être effectuées cinq fois avec le conducteur du plus petit diamètre et successivement cinq fois avec le conducteur du plus grand diamètre.

Des conducteurs neufs doivent être utilisés chaque fois, sauf pour la cinquième fois, où le conducteur utilisé pour la quatrième insertion est serré au même endroit. Avant l'insertion dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Pour chaque insertion, les conducteurs sont soit poussés aussi profondément que possible dans la borne soit insérés de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après chaque insertion, le conducteur inséré est tourné de 90 ° autour de son axe au niveau de la section serrée puis déconnecté.

Après ces essais, la borne ne doit pas être endommagée à tel point que son utilisation ultérieure provoque une détérioration.

J.9.1.2 Essai de fiabilité du raccordement

Trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs de cuivre neufs du type et de la section assignée selon le Tableau J.2.

Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.1.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Il doit être possible d'introduire le conducteur dans la borne sans effort excessif dans le cas des bornes universelles et avec l'effort nécessaire à la main dans le cas des bornes pousse-fil.

Le conducteur est soit enfoncé aussi profondément que possible dans la borne soit inséré de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé de la borne.

J.9.2 Essais de sûreté des bornes pour conducteurs externes: résistance mécanique

Pour l'essai de traction, trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs neufs du type et des sections assignées minimales et maximales selon le Tableau J.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction avec une force de la valeur indiquée au Tableau J.3. La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du conducteur.

Tableau J.3 – Forces de traction

Section mm ²	Force de traction N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas s'échapper de la borne.

J.9.3 Essai de cycle

L'essai est effectué avec des conducteurs neufs de cuivre ayant une section conforme à celle du Tableau 13.

L'essai est effectué sur des échantillons neufs (un échantillon est un pôle) dont le nombre est défini ci-dessous en fonction du type de bornes:

- bornes universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés) et souples: 3 échantillons de chaque (6 échantillons au total);
- bornes non universelles pour conducteurs massifs seulement: 3 échantillons;
- bornes non universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés): 3 échantillons de chaque (6 échantillons);

NOTE Dans le cas de conducteurs rigides, il est recommandé d'utiliser des conducteurs massifs (si, dans un pays donné, les conducteurs massifs ne sont pas disponibles, des conducteurs câblés peuvent être utilisés).

- bornes non universelles pour conducteurs souples seulement: 3 échantillons.

Un conducteur ayant la section définie au Tableau 13 est raccordé en série comme en usage normal à chacun des trois échantillons définis à la Figure J.1.

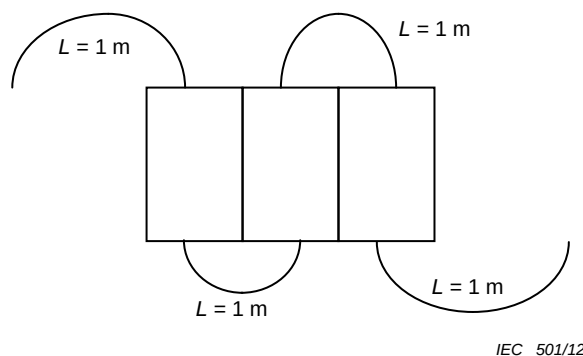


Figure J.1 – Échantillons à raccorder

L'échantillon est délivré avec un trou (ou équivalent) afin de mesurer la chute de tension dans la borne.

Tout le dispositif d'essai, y compris les conducteurs, est placé dans une étuve, dont la température initiale est de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Pour éviter un déplacement quelconque du dispositif d'essai jusqu'à ce que tous les essais de chute de tension suivants aient été exécutés, il est recommandé de fixer les pôles sur un même support.

Un courant d'essai correspondant au courant assigné du disjoncteur est appliqué au circuit excepté pendant la période de refroidissement.

Les échantillons doivent alors être soumis à 192 cycles de température, chaque cycle ayant une durée approximative de 1 h, selon la procédure suivante:

La température de l'air dans l'enceinte est élevée à 40°C en approximativement 20 min. Elle est maintenue à cette valeur $\pm 5^\circ\text{C}$ pendant approximativement 10 min.

Les échantillons sont alors laissés à refroidir en approximativement 20 min à une température d'environ 30°C , un refroidissement forcé étant admis. Ils sont maintenus à cette température pendant environ 10 min et, si cela est nécessaire pour la mesure de la chute de tension, il est permis de continuer à les refroidir à une température de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

La chute de tension maximale mesurée sur chaque borne, à la fin du 192^e cycle avec le courant assigné ne doit pas être supérieure à la plus petite des deux valeurs suivantes:

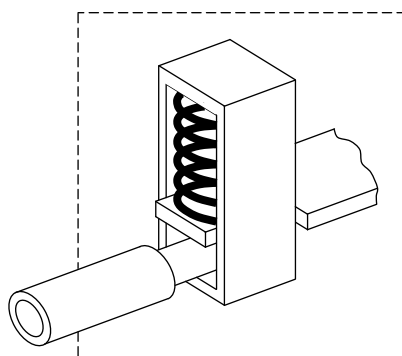
- soit 22,5 mV;
- soit 1,5 fois la valeur mesurée après le 24^e cycle.

Les mesures doivent être effectuées le plus près possible de la zone de contact sur la borne.

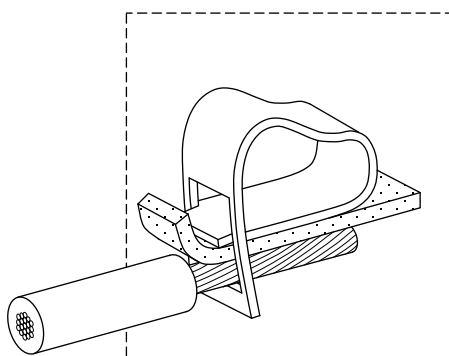
Si les points de mesure ne peuvent être positionnés tout près du point de contact, la chute de tension de la partie du conducteur entre le point de mesure idéal et le point de mesure réel doit être retranchée de la chute de tension mesurée.

La température dans l'enceinte thermique doit être mesurée à une distance d'au moins 50 mm des échantillons.

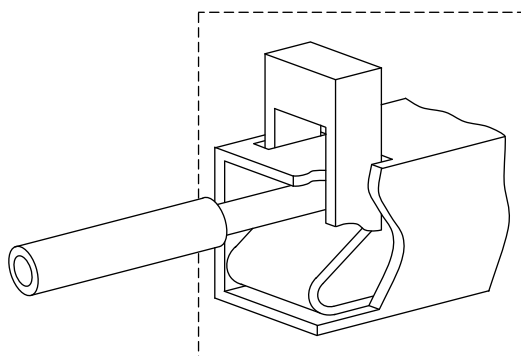
Après cet essai, un examen à l'œil nu, à vision normale ou corrigée, sans grossissement additionnel, ne doit pas déceler de changement évident compromettant un usage ultérieur, tels que craquelures, déformations ou phénomènes analogues.



Borne sans vis à pression indirecte



Borne sans vis à pression directe



Borne sans vis à poussoir

IEC 502/12

Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis

J.10 Documents de référence

CEI 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60998-1, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

CEI 60998-2-2, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

CEI 60999 (toutes les parties), *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis*

ASTM B172-01a, *Standard Specification for Rope-Lay-Stranded Copper Conductors Having Bunch-Stranded Members, for Electrical Conductors*

ICEA S-19-81 / NEMA WC3, *Rubber-Insulated Wire and Cable*⁵

ICEA S-66-524 / NEMA WC7, *Cross-Linked-Thermosetting-Polyethylene Insulated Wire and Cable*¹

ICEA S-68-516 / NEMA WC8, *Ethylene-Propylene-Rubber Insulated Wire and Cable*⁶

⁵ Retirée.

⁶ Retirée.

Annexe K (normative)

Prescriptions particulières pour les DD avec bornes plates à connexion rapide

K.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DD compris dans le domaine d'application de l'Article 1, équipés avec des bornes plates à connexion rapide constituées d'une languette (voir K.3.2) de largeur nominale 6,3 mm et d'épaisseur 0,8 mm, à utiliser avec un clip pour le raccordement électrique des conducteurs en cuivre selon les instructions du constructeur, pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 16 A.

NOTE 1 L'utilisation de DD avec bornes plates à connexion rapide pour des courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, ES, PT et US.

Les conducteurs en cuivre raccordables sont souples, de section inférieure ou égale à 4 mm², ou rigides câblés, de section inférieure ou égale à 2,5 mm² (AWG supérieur ou égal à 12).

Cette annexe s'applique exclusivement aux DD avec languettes intégrées.

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

K.2 Références normatives

En complément à l'Article 2, la référence normative suivante s'applique:

CEI 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

K.3 Définitions

En complément de l'Article 3, les définitions suivantes s'appliquent:

K.3.1

borne plate à connexion rapide

connexion électrique se composant d'une languette et d'un clip qui peut être inséré et retiré avec ou sans l'usage d'un outil

K.3.2

languette

partie d'une connexion rapide qui reçoit le clip

K.3.3

clip

partie d'une connexion rapide qui est poussée sur la languette

K.3.4

verrouillage

empreinte (creux) ou trou de la languette dans lequel s'engage une partie en protubérance du clip assurant un verrouillage de l'accouplement

K.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

K.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

K.6 Marquage et autres informations sur le produit

L'Article 6 dans son intégralité s'applique, avec l'addition suivante après le point k).

Les informations suivantes concernant le clip selon la CEI 61210 et le type de conducteur à utiliser doivent être données dans les instructions du fabricant:

- l) le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- m) la référence du type;
- n) les informations sur les sections des conducteurs et le code de couleur des clips isolés (voir Tableau K.1 ci-dessous);
- o) l'utilisation exclusive d'alliages de cuivre recouverts d'argent ou d'étain.

Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur

Section du conducteur mm ²	Code de couleur du clip
1	Rouge
1,5	Rouge ou bleu
2,5	Bleu ou jaune
4	Jaune

K.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

K.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 s'applique avec les exceptions suivantes:

Remplacer le contenu de 8.1.3 par le texte suivant:

K.8.1 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir Annexe B)

Le paragraphe 8.1.3 s'applique, les clips étant assemblés sur les languettes du DD.

Remplacer le contenu de 8.1.5 par le texte suivant:

K.8.2 Bornes pour conducteurs extérieurs

K.8.2.1 Les languettes et les clips doivent être d'un métal d'une résistance mécanique, d'une conductivité électrique et d'une résistance à la corrosion appropriées à l'usage pour lequel ils sont prévus.

NOTE Des alliages recouverts d'argent ou d'étain sont des exemples de solutions adéquates.

K.8.2.2 La largeur nominale de la languette est de 6,3 mm et l'épaisseur de 0,8 mm, applicable aux courants assignés jusqu'à 16 A inclus.

NOTE 1 L'utilisation de courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, PT, ES et aux US.

Les dimensions des languettes doivent être conformes à celles spécifiées au tableau K.3 et aux figures K.2, K.3 K.4 et K.5, où les dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N et Q sont obligatoires.

Les dimensions du clip qui peut être raccordé sont données à la Figure K.6 et au Tableau K.4.

NOTE 2 Les formes des différentes parties peuvent être différentes de celles données sur les figures, pourvu que les dimensions spécifiées ne soient pas influencées et que les prescriptions d'essais soient satisfaites (par exemple languettes cannelées ou pliées, etc.).

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures

K.8.2.3 Les languettes doivent être maintenues de façon sûre en position.

La conformité est vérifiée par l'essai de surcharge mécanique de K.9.1.

K 9 Essais

L'Article 9 s'applique avec les modifications suivantes:

Remplacer le contenu de 9.5 par le texte suivant:

K.9.1 Force de surcharge mécanique

Cet essai est effectué sur 10 bornes de DD montés comme en usage normal au moment du câblage.

La force axiale de poussée et, successivement, la force axiale de traction spécifiées au Tableau K.2 suivant sont appliquées graduellement à la languette équipant le DD, une seule fois à l'aide d'un appareil d'essai convenable.

Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge

Poussée N	Traction N
96	88

La languette ou le DD dans lequel la languette est intégrée ne doit subir aucun dommage susceptible d'empêcher son usage ultérieur.

Ajouter le texte suivant à 9.8.3:

Des thermocouples à fil fin doivent être placés de telle façon qu'ils n'influencent pas le contact ou la plage de raccordement. Un exemple de disposition est illustré à la Figure K.1.

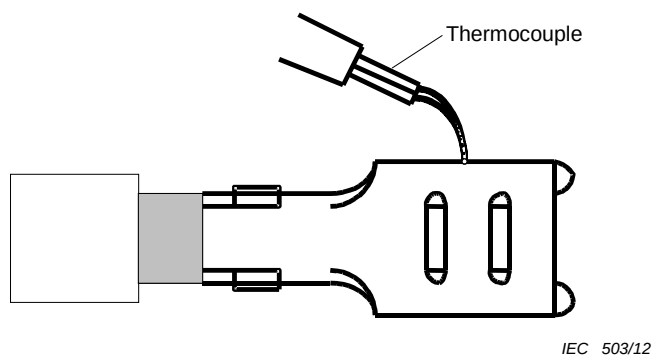
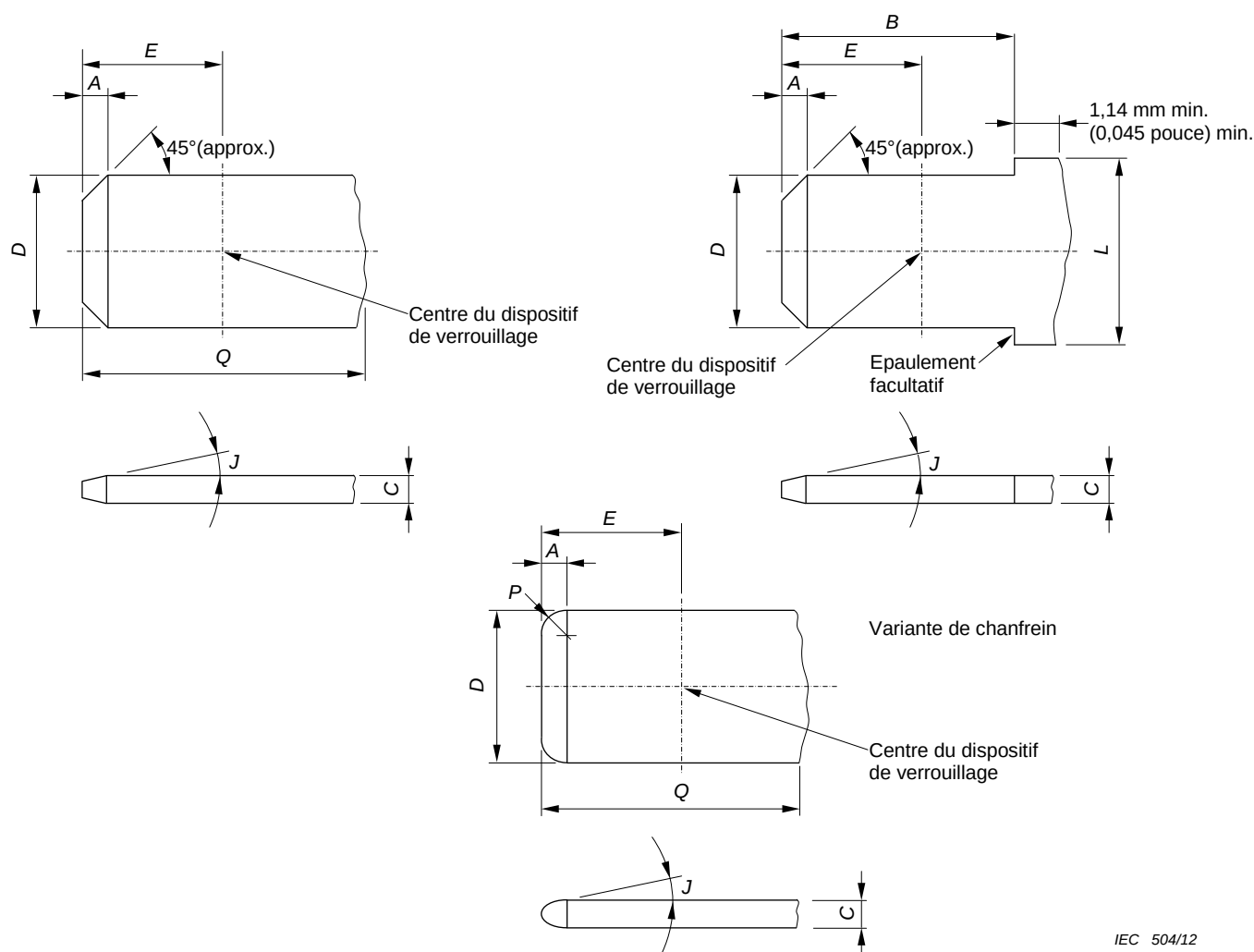


Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement

Tableau K.3 – Dimensions des languettes

Taille nominale mm		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Empreinte	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12 °	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8 °	2,2	1,8	0,7	8,9
	Trou	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12 °			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8 °			0,7	8,9
NOTE 1 Pour les dimensions A à Q, se référer aux Figures K.2 à K.5.												
NOTE 2 Lorsqu'il y a deux valeurs dans une colonne, elles indiquent les dimensions minimale et maximale.												



NOTE 1 Il n'est pas nécessaire que le chanfrein A à 45 ° suive une ligne droite s'il respecte les valeurs indiquées.

NOTE 2 La dimension L n'est pas spécifiée et peut varier selon les applications (par exemple la fixation).

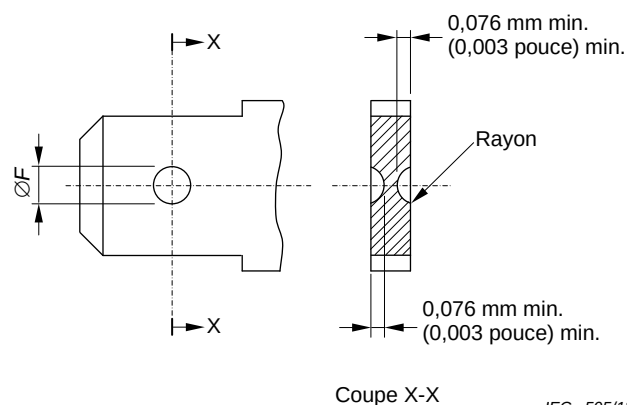
NOTE 3 La dimension C des languettes peut être obtenue à partir de plus d'une couche de matériau pourvu que la languette ainsi obtenue satisfasse en tous points les prescriptions de cette norme. Un rayon sur le bord longitudinal de la languette est admis.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

NOTE 5 L'épaisseur C de la languette peut varier au-delà de Q ou au-delà de $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,043 pouce)

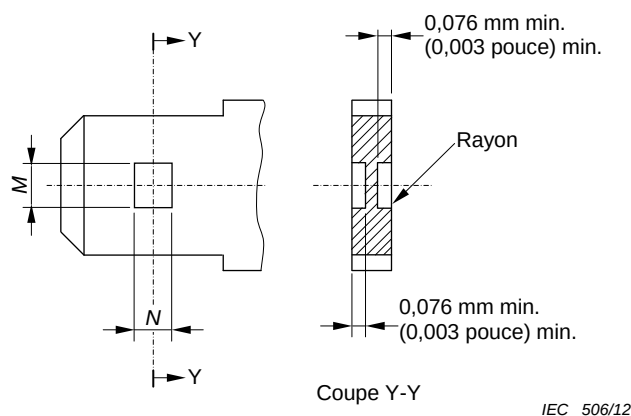
NOTE 6 Toutes les parties des contacts représentées sont plates et exemptes de bavures ou saillies, à l'exception d'une saillie de 0,025 mm (0,001 pouce) par face au-dessus de l'épaisseur de la bande sur une surface définie par une ligne entourant l'emplacement du dispositif de verrouillage et distante de celui-ci de 1,3 mm (0,051 pouce).

Figure K.2 – Dimensions des languettes



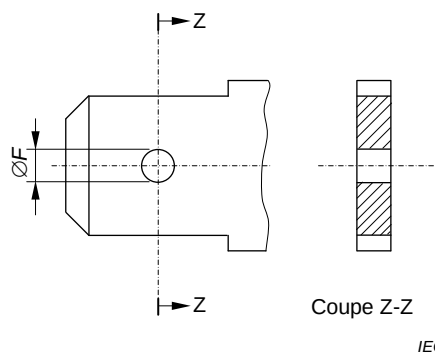
Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)



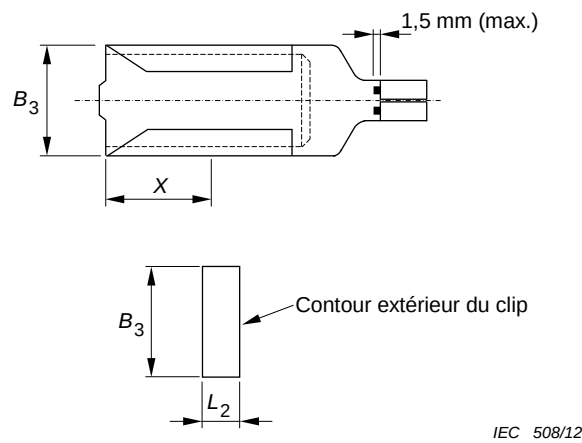
Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,13 mm (0,005 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)



Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 pouce) de l'axe de la languette.

Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage



Les dimensions B_3 et L_2 sont obligatoires.

NOTE 1 Pour déterminer les dimensions du clip différant de B_3 et L_2 , il est nécessaire de se référer aux dimensions de la languette de façon à s'assurer que les conditions d'engagement les plus mauvaises (et de verrouillage, s'il existe) entre la languette et le clip sont correctes.

NOTE 2 Si un verrouillage est fourni, la dimension X est à la discrétion du constructeur dans le but de satisfaire aux prescriptions des articles relatifs aux performances.

NOTE 3 Il convient que les clips soient conçus de façon telle que toute insertion non voulue du conducteur dans la zone de sertissage soit visible ou évitée par une butée pour éviter toute interférence entre le conducteur et une languette complètement introduite.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

Figure K.6 – Dimensions des clips

Tableau K.4 – Dimensions des clips

Taille de la languette mm	Dimensions du clip mm	
	$B_3 \text{ max.}$	$L_2 \text{ max.}$
6,3 × 0,8	7,8	3,5

K.10 Document de référence

CEI 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

Annexe L (normative)

Prescriptions particulières pour DD avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium

L.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux disjoncteurs compris dans le domaine d'application de cette norme, munis de bornes à vis en cuivre – ou en alliages contenant au moins 58 % de cuivre (si travaillé chaud) ou au moins 50 % de cuivre (si travaillé autrement), ou encore constituées d'un autre métal ou d'un métal revêtu de façon appropriée, tout aussi résistant à la corrosion que le cuivre et dont les propriétés mécaniques sont aussi appropriées que celles du cuivre – utilisables avec des conducteurs en aluminium non traité, ainsi qu'avec des bornes à vis en aluminium utilisables avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

Dans cette annexe les conducteurs en aluminium revêtu de cuivre ou de nickel sont considérés comme des conducteurs en aluminium.

NOTE 1 En Autriche, en Australie et en Allemagne, l'utilisation de bornes à vis en aluminium n'est pas autorisée pour raccorder des conducteurs en cuivre.

- En Autriche, en Suisse et en Allemagne, les bornes pour conducteurs en aluminium ne sont pas admises;
- En Espagne, l'utilisation de conducteurs en aluminium n'est pas autorisée dans les circuits finaux des installations domestiques et similaires, p.ex. bureaux, magasins;
- Au Danemark, la section minimale des conducteurs en aluminium est de 16 mm².

NOTE 2 La numérotation de cette annexe suit celle du corps du texte. Par conséquent, la numérotation peut ne pas être continue. Tout contenu qui n'est pas explicitement mentionné s'applique sans modifications.

L.2 Références normatives

L'Article 2 s'applique avec l'ajout suivant:

CEI 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

L.3 Définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les définitions suivantes s'appliquent, en complément de celles qui sont données à l'Article 3.

L.3.1

conducteur traité

surface de contact d'un conducteur dont les brins externes ont eu leurs couches d'oxyde enlevées par brossage et/ou ont reçu un produit déposé pour améliorer le contact et/ou prévenir la corrosion

L.3.2

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée en vue de son insertion dans une borne

NOTE 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est arrangée pour qu'il soit introduit dans une borne ou dont les torons sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

L.3.3

égaliseur

dispositif utilisé dans la boucle d'essai pour assurer un point équipotentiel et une densité de courant uniforme dans une âme câblée, sans effets indésirables sur la température du ou des conducteurs

L.3.4

conducteur de référence

longueur d'âme conductrice sans raccordement, de type et de taille identiques à ceux utilisés dans la boucle d'essai, et connectée en série dans le même circuit. Elle est utilisée pour déterminer la température de référence et, si nécessaire, la résistance électrique de référence

L.3.5

coefficient de stabilité Sf

mesure de la stabilité de la température d'un organe de serrage au cours de l'essai de cycles thermiques

L.4 Classification

L'Article 4 s'applique.

L.5 Caractéristiques des DD

L'Article 5 s'applique.

L.6 Marquage et autres informations sur le produit

En addition à l'Article 6, les prescriptions suivantes sont applicables:

Les marquages des bornes définis dans le Tableau L.1 doivent figurer sur le DD, à proximité des bornes.

Les autres informations concernant le nombre de conducteurs, les valeurs de couple de serrage (si elles diffèrent des valeurs du Tableau 14), et les sections raccordables doivent être indiquées sur le DD.

Tableau L.1 – Marquage des bornes

Types de conducteurs acceptés	Marquage
Cuivre seulement	Aucun
Aluminium seulement	Al
Aluminium ou Cuivre	Al/Cu

Le constructeur doit déclarer dans son catalogue que pour le serrage d'un conducteur en aluminium le couple de serrage doit être appliqué en utilisant des moyens appropriés.

L.7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

L'Article 7 s'applique.

L.8 Exigences de construction et de fonctionnement

L'Article 8 est applicable avec les exceptions suivantes:

Ajouter le texte suivant à la fin du 8.1.5.2:

Pour le raccordement des conducteurs en aluminium, les DD doivent être équipés de bornes à vis permettant le raccordement de conducteurs dont les sections nominales sont définies dans le Tableau L.2.

Les bornes pour le raccordement des conducteurs en aluminium et les bornes en aluminium pour le raccordement des conducteurs en cuivre ou en aluminium doivent avoir une résistance mécanique en mesure de supporter les essais de 9.4, avec les conducteurs d'essai serrés avec le couple indiqué dans le tableau 14 ou avec le couple spécifié par le constructeur, qui ne doit jamais être inférieur à celui spécifié dans le Tableau 14.

**Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium
pouvant être connectés aux bornes à vis**

Courant assigné ^{a)} A	Plage des sections nominales ^{b)} à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 4
Au-dessus de 13 et jusqu'à 16 inclus	1 à 6
Au-dessus de 16 et jusqu'à 25 inclus	1,5 à 10
Au-dessus de 25 et jusqu'à 32 inclus	2,5 à 16
Au-dessus de 32 et jusqu'à 50 inclus	4 à 25
Au-dessus de 50 et jusqu'à 80 inclus	10 à 35
Au-dessus de 80 et jusqu'à 100 inclus	16 à 50
Au-dessus de 100 et jusqu'à 125 inclus	25 à 70
^{a)} Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides; l'utilisation de conducteurs souples est autorisée. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm ² à 10 mm ² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.	
^{b)} Sections maximales du Tableau 5, augmentées comme pour le Tableau D.2 de la CEI 61545:1996.	

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures, et en équipant tour à tour un conducteur de la plus faible et de la plus grande section spécifiée.

8.1.5.4

Remplacer le contenu de 8.1.5.4 par le texte suivant:

Les bornes doivent admettre les conducteurs sans préparation particulière.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de L.9.

L.9 Essais

L'Article 9 s'applique avec les modifications / additions suivantes:

Pour les essais qui sont influencés par la matière de la borne et par le type du conducteur raccordable, on applique les conditions d'essai définies dans le Tableau L.3.

En outre, l'essai de L.9.2 est effectué avec des bornes séparées du disjoncteur.

Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes

Matière des bornes	Matière selon 8.1.4.4 a)	Al a)	
Matière du conducteur (Tableau L.1)	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5	Cu Utiliser les Tableaux 8 et 13	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5
9.4 Fiabilité des vis	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.1 Essai de traction b)	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.2 Détérioration du conducteur	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14	Utiliser les Tableaux 8, 13 et 14	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 14
9.5.3 Insertion du conducteur	Utiliser le Tableau L.4	Utiliser le Tableau 16	Utiliser le Tableau L.4
9.8 Echauffement	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau L.5
9.22 Vérification de la fiabilité	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau L.5
L.9.2 Essai de cycles thermiques	Utiliser le Tableau 14	Utiliser le Tableau 14	Utiliser le Tableau 14
a) Utiliser les séquences d'essais A et B et le nombre d'échantillons défini dans l'Annexe C. Pour les DD qui sont aptes à être raccordés à des conducteurs en Al ou en Cu, les séquences d'essais et le nombre d'échantillons doivent être doublés (une séquence d'essai pour les conducteurs en cuivre, l'autre pour les conducteurs en aluminium).			
b) Pour l'essai de traction 9.5.1, la valeur pour le câble de 70 mm ² est à l'étude.			

Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal

Métrique					AWG				
Rigide			Souple (cuivre seulement)		Rigide			Souple (cuivre seulement)	
S	Massif	Câblé	S			Massif a)	Classe B Câblé a)		Classes ^{b)} I, K, M Câblé
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Calibre	Ø mm	Ø mm	Calibre	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 c)	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 c)	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 c)	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Les diamètres des conducteurs rigides et souples les plus gros sont basés sur la CEI 60228, et pour les conducteurs AWG, sur les Publications ASTM B172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
a) Diamètre nominal + 5 %.									
b) Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K, M.									
c) Dimensions pour conducteurs souples de la classe 5 seulement suivant la CEI 60228.									

L.9.1 Conditions d'essais

Le paragraphe 9.1 s'applique, avec l'exception suivante: les conducteurs en aluminium à connecter sont extraits du Tableau L.5.

Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.2 Essai de cycles thermiques**L.9.2.1 Généralités**

Cet essai vérifie la stabilité de la borne à vis par comparaison des températures atteintes avec celles atteintes par le conducteur de référence sous des conditions cycliques accélérées.

Cet essai est effectué avec des bornes séparées.

L.9.2.2 Préparation

L'essai est réalisé sur quatre échantillons, chacun constitué par un couple de bornes reliées d'une façon qui représente l'utilisation des bornes dans le disjoncteur (voir les exemples représentés sur les Figures L.2 à L.6). Les bornes à vis séparées du produit doivent être reliées à des parties conductrices de même section, forme, métal et finition que les parties sur lesquelles elles sont montées dans le produit. Les bornes à vis doivent être fixées aux parties conductrices de la même façon (position, couple de serrage, etc.) que sur le produit. Si un défaut est constaté sur un échantillon pendant l'essai, quatre autres échantillons devront être testés et aucun autre défaut n'est admis.

L.9.2.3 Disposition d'essai

La disposition générale des échantillons doit être conforme aux indications de la Figure L.1.

Pour les échantillons d'essai, on doit utiliser 90 % de la valeur du couple spécifié par le constructeur ou, si non spécifié, 90 % du couple choisi dans le Tableau 11.

L'essai est pratiqué avec des conducteurs selon le Tableau L.5. La longueur du conducteur d'essai mesurée entre le point d'entrée des échantillons de bornes à vis et l'égaliseur (voir L.3.3) doit être conforme au Tableau L.6.

Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai

Section du conducteur	Taille du conducteur	Longueur minimale du conducteur
mm ²	AWG	mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 à 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 à 00	460

Les conducteurs d'essai sont connectés en série avec un conducteur de référence de même section.

La longueur du conducteur de référence doit être approximativement au moins le double de la longueur du conducteur d'essai.

Chaque extrémité libre des conducteurs d'essai et de référence non connectée à un échantillon de borne à vis doit être brasée ou soudée à un égaliseur consistant en une barre courte de même matière que le conducteur, et d'une section ne dépassant pas celle indiquée au Tableau L.7. Tous les brins du conducteur doivent être soudés ou brasés afin d'assurer une connexion électrique parfaite avec l'égaliseur.

Des connecteurs de type à sertissage par outillage sans soudage peuvent être utilisés pour l'égaliseur sous réserve de l'acceptation du constructeur et à condition que le niveau de performance soit maintenu.

Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion

Domaine du courant d'essai A	Section maximale mm ²	
	Aluminium	Cuivre
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

L'espace entre les conducteurs de référence et d'essai doit être au moins de 150 mm.

L'échantillon d'essai doit être suspendu soit horizontalement soit verticalement à l'air libre, par fixation de l'égaliseur ou de la barre de connexion au moyen de supports non conducteurs, de façon à ce que la borne à vis ne soit pas soumise à un effort de traction. Des barrières thermiques doivent être installées à mi-distance entre les conducteurs, et doivent dépasser de $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ en largeur et de $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ en longueur depuis les bornes à vis (voir Figure L.1). Les barrières thermiques ne sont pas nécessaires si les spécimens sont séparés par une distance d'au moins 450 mm. Les spécimens doivent être situés à au moins 600 mm du plancher, des murs ou du plafond.

Les échantillons d'essai doivent être situés dans un environnement pratiquement exempt de vibrations ou de courants d'air, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C. Une fois l'essai commencé, la variation ne doit pas dépasser $\pm 1 \text{ K}$ dans les limites permises.

L.9.2.4 Mesure de la température

Les mesures de température sont faites au moyen de thermocouples, en utilisant un fil de section maximale ne dépassant pas $0,07 \text{ mm}^2$ (approximativement 30 AWG).

Pour les bornes à vis, le thermocouple doit être situé du côté de l'ouverture de la borne à vis, à proximité de la surface de contact.

Les thermocouples du conducteur de référence doivent être placés au milieu de la longueur du conducteur, sous son isolation.

La mise en place des thermocouples ne doit endommager ni la borne à vis ni le conducteur de référence.

NOTE 1 On peut utiliser la méthode de fixation du thermocouple dans un perçage de petit diamètre à condition que les performances n'en soient pas affectées et que le constructeur l'accepte.

La température ambiante doit être mesurée avec deux thermocouples de telle manière qu'il soit possible d'obtenir une valeur moyenne stable dans le voisinage de la boucle d'essai, sans influence extérieure excessive. Les thermocouples doivent être placés sur un même plan horizontal coupant les échantillons, à une distance minimale de 600 mm.

NOTE 2 Une méthode satisfaisante pour obtenir une mesure stable consiste, par exemple, à fixer les thermocouples à une plaque de cuivre non revêtu d'environ 50 mm × 50 mm et ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

L.9.2.5 Méthode d'essai et critère d'acceptation

NOTE 1 L'évaluation des résultats de l'essai est basée à la fois sur la limite d'échauffement des bornes à vis et la variation de température pendant l'essai.

La boucle d'essai doit être soumise à 500 cycles constitués d'1 h sous courant et 1 h sans courant, en commençant avec un courant alternatif égal à 1,12 fois la valeur du courant d'essai déterminé dans le Tableau L.8. Vers la fin de chaque période avec passage de courant lors des 24 premiers cycles, le courant doit être ajusté de façon à élever la température du conducteur de référence jusqu'à 75 °C.

Au 25^e cycle, le courant d'essai doit être ajusté pour la dernière fois et la température stable doit être enregistrée comme première mesure. Il ne doit y avoir aucun autre ajustement du courant d'essai pendant la suite de l'essai.

Les températures doivent être enregistrées au cours d'un cycle au moins chaque jour de travail, et après approximativement 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425 et 500 cycles.

La température doit être mesurée durant les dernières 5 min de la période sous courant. Si la taille du lot d'échantillons d'essai ou la vitesse du système d'acquisition de données ne permet pas d'effectuer la totalité des mesures dans les 5 min, la période sous courant devra être augmentée jusqu'à pouvoir terminer les mesures.

La période sans courant peut être raccourcie après les premiers 25 cycles d'essai à 5 min de plus que le temps maximal qui a été nécessaire pour que toutes les bornes atteignent une température comprise entre la température ambiante T_a et $T_a + 5$ K, durant la période sans courant. Une ventilation forcée peut être utilisée pour réduire la période sans courant si cette méthode est acceptée par le constructeur. Dans ce cas elle doit être appliquée à l'ensemble de la boucle d'essai et la température de l'air forcé ne doit pas être inférieure à la température ambiante.

Le coefficient de stabilité S_f pour chacune des 11 mesures de température est déterminé par soustraction algébrique de l'écart moyen de température D aux 11 valeurs de l'écart de température d .

L'écart de température d pour les 11 mesures individuelles est obtenu par soustraction de la température du conducteur de référence à la température de la borne à vis.

NOTE 2 La valeur d est positive si la température de la borne à vis est plus élevée que la température du conducteur de référence, et négative dans le cas contraire.

Pour chaque borne à vis

- l'échauffement ne doit pas dépasser 110 K;
- le coefficient de stabilité S_f ne doit pas dépasser ± 10 °C.

Un exemple de calcul pour une borne à vis est indiqué dans le Tableau L.9.

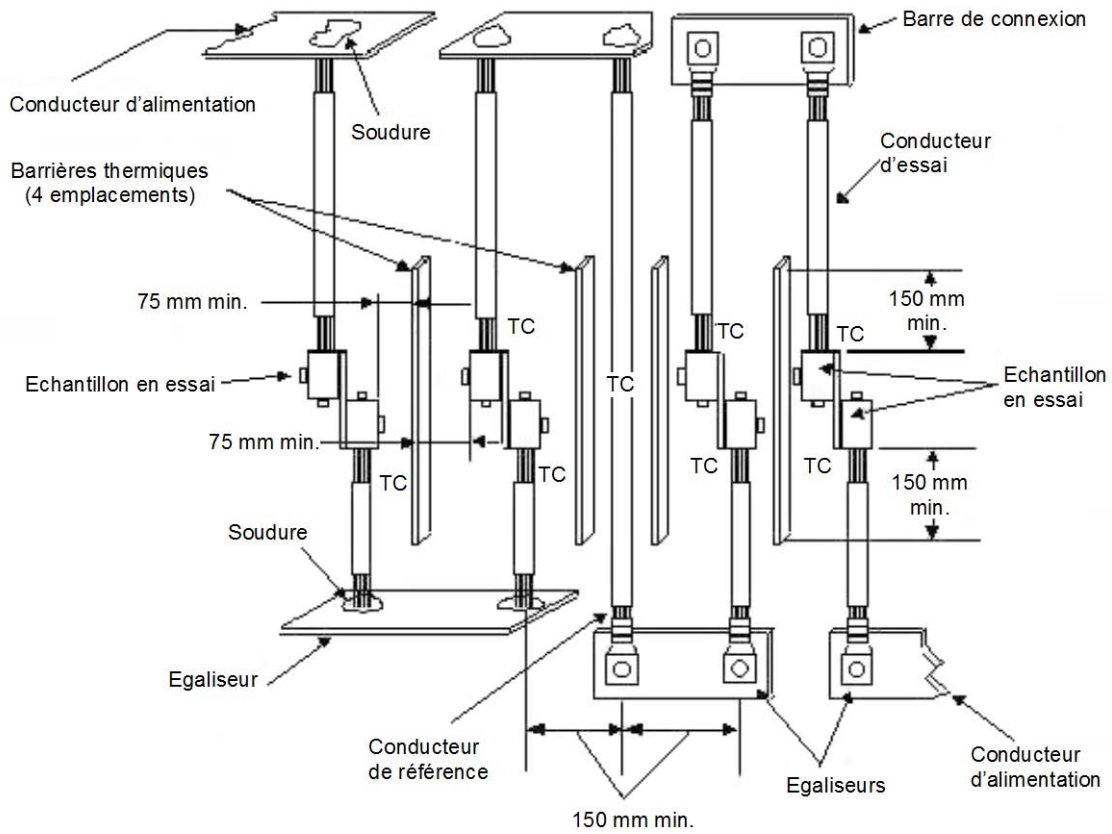
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné

Tailles métriques			Tailles AWG		
Courant assigné	Section du conducteur Al	Courant d'essai	Courant assigné	Section du conducteur Al	Courant d'essai
A	mm ²	A	A	N °	A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D

Mesures de la température	Nombre de cycles	Températures		Ecart de température $d = a - b$ K	Coefficient de stabilité $S_f = d - D$ K
		Borne à vis a °C	Conducteur de référence b °C		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

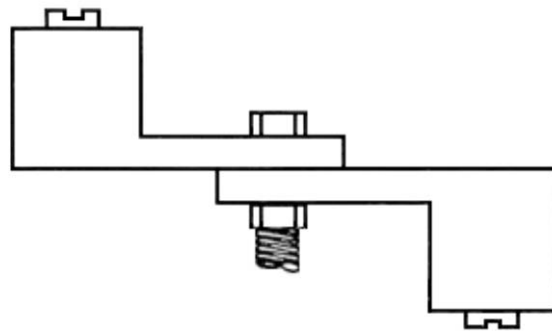
$$\text{Ecart moyen de température } D = \frac{\sum d}{\text{nombre de mesures}} = \frac{9}{11} = 0,82$$



TC Thermocouple

IEC 509/12

Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai



IEC 510/12

NOTE La partie conductrice peut être boulonnée, brasée ou soudée.

Figure L.2

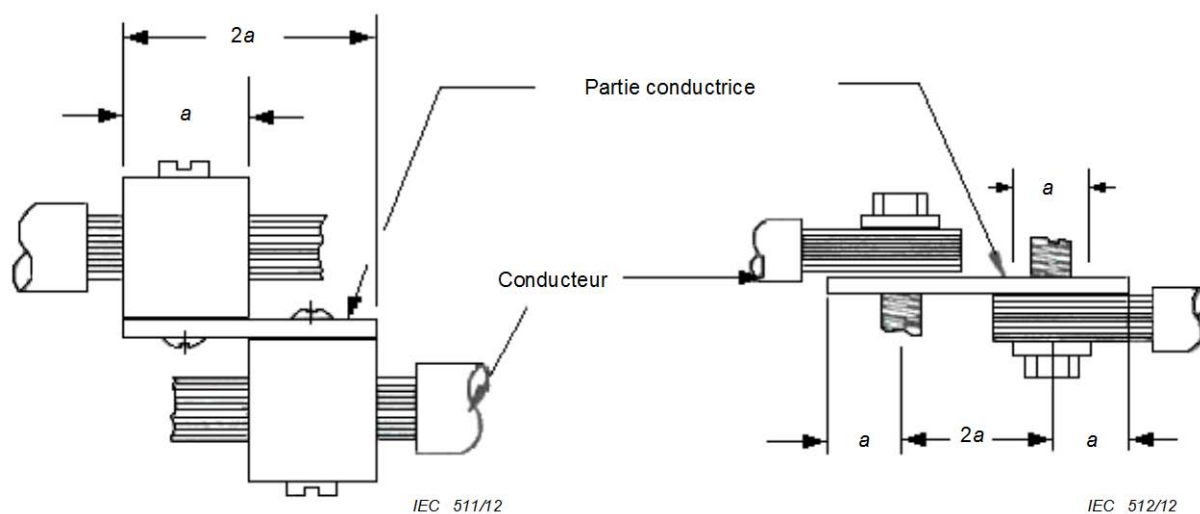


Figure L.3

Figure L.4

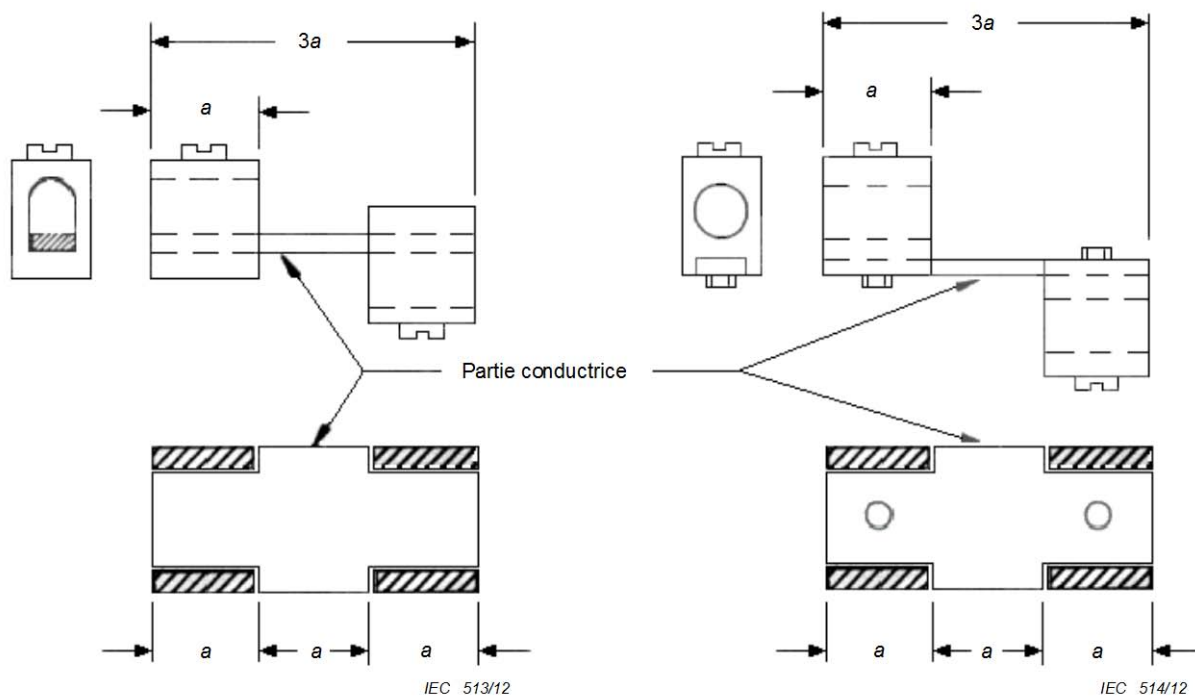


Figure L.5

Figure L.6

Bibliographie

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-101:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 101: Mathématiques*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-43:2008, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

CEI 60664-5, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

CEI 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant - Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI/TR 60755:1983, *Règles générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*⁷

CEI 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

CEI 60947-1:2007, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 60947-2, *Appareillage à basse tension – Partie 2: Disjoncteurs*

CEI 61008-1, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporée pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

CEI 62640, *Dispositifs à courant différentiel résiduel avec ou sans protection contre les surintensités pour les socles de prises de courant destinés à des installations domestiques et analogues*

ASTM D785-08, *Méthode pour l'essai standardisé pour la dureté Rockwell des matériaux isolants plastiques et électriques*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

⁷ L'édition 1983 a été annulée et remplacée par la CEI 60755:2008.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch