

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear –

Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_n above 1 kV

Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif –

Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec U_n supérieur à 1 kV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62505-1

Edition 1.0 2009-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear –

Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_n above 1 kV

Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif –

Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec U_n supérieur à 1 kV

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 45.060

ISBN 2-8318-1030-5

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Service conditions	10
5 Rating	10
5.1 General.....	10
5.2 Rated voltage (U_{Ne}).....	11
5.3 Nominal voltage (U_N).....	11
5.4 Rated insulation voltage (U_{Nm}) [4.2]	11
5.5 Rated frequency [4.3].....	12
5.6 Rated normal current and temperature rise [4.4].....	12
5.7 Rated short-time withstand current [4.5]	13
5.8 Rated peak withstand current [4.6]	13
5.9 Rated duration of short-circuit [4.7]	13
5.10 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuit [4.8]	13
5.11 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits [4.9]	13
5.12 Rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption [4.10].....	13
5.13 Rated short-circuit breaking current (I_{Nss}) [4.101].....	13
5.13.1 General [4.101].....	13
5.13.2 AC component of the rated short-circuit breaking current [4.101.1].....	14
5.13.3 DC component of the rated short-circuit breaking current [4.101.2].....	14
5.14 Rated transient recovery voltage for terminal faults [4.102]	15
5.14.1 General	15
5.14.2 Representation of transient recovery voltage waves [4.102.1].....	15
5.14.3 Representation of rated TRV [4.102.2].....	15
5.14.4 Standard values of rated TRV [4.102.3].....	15
5.15 Standard values of initial transient recovery voltage [4.102.4]	16
5.16 Rated short-circuit making current [4.103]	16
5.17 Rated operating sequence [4.104]	16
5.18 Rated out-of-phase breaking current [4.106].....	17
5.19 Rated line-charging breaking current [4.107.1]	19
5.20 Rated cable-charging breaking current [4.107.2]	19
5.21 Rated single capacitor bank breaking current [4.107.3]	19
5.22 Rated back-to-back capacitor bank breaking current [4.107.4].....	19
5.23 Rated capacitor bank inrush making current [4.107.5]	20
5.24 Rated time quantities [4.109].....	20
5.24.1 General	20
5.24.2 Rated break time [4.109.1]	21
5.25 Co-ordination of rated values	21
6 Design and construction [5]	22
6.1 Requirements for liquids in circuit-breakers [5.1]	22

6.2	Requirements for gases in circuit-breakers [5.2]	22
6.3	Earthing of circuit-breakers [5.3]	22
6.4	Auxiliary equipment [5.4]	23
6.5	Dependent power closing [5.5]	23
6.6	Stored energy closing [5.6]	23
6.7	Operation of releases [5.8]	23
6.7.1	General	23
6.7.2	Over-current release [5.8.101]	23
6.7.3	Multiple releases [5.8.102]	24
6.8	Low and high pressure interlocking devices [5.9]	24
6.9	Nameplates [5.10]	24
6.10	Requirements for simultaneity of poles [5.101]	24
6.11	General requirement for operation [5.102]	24
6.12	Pressure limits of compressed gas for interruption in gas blast circuit-breakers [5.103]	25
6.13	Vent outlet [5.104]	25
6.14	Safety overpressure device	25
7	Type tests [6]	25
7.1	General	25
7.2	Dielectric tests [6.2]	26
7.2.1	Ambient air conditions during tests [6.2.1]	26
7.2.2	Wet test procedure [6.2.2]	26
7.2.3	Condition of circuit-breaker during dielectric tests [6.2.3]	26
7.2.4	Application of test voltage and test conditions [6.2.5]	26
7.2.5	Test voltages [6.2.6]	26
7.2.6	Lightning and switching impulse voltage tests [6.2.7.2, 6.2.7.3]	26
7.2.7	Power-frequency voltage tests [6.2.7.1]	27
7.2.8	Artificial pollution tests [6.2.8]	27
7.2.9	Partial discharge tests [6.2.9]	27
7.2.10	Tests on auxiliary and control circuits [6.2.10]	27
7.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests [6.3]	27
7.4	Temperature-rise tests [6.5]	28
7.4.1	Conditions of the circuit-breaker to be tested [6.5.1]	28
7.4.2	Arrangement of the equipment [6.5.2]	28
7.4.3	Measurement of the temperature and the temperature rise [6.5.3]	28
7.4.4	Ambient air temperature [6.5.4]	28
7.4.5	Temperature-rise tests of the auxiliary equipment [6.5.5]	28
7.4.6	Interpretation of the temperature-rise tests [6.5.6]	28
7.5	Measurement of the resistance of the main circuit [6.4.1]	28
7.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests [6.6]	28
7.6.1	Arrangement of the circuit-breaker and of the test circuit [6.6.1]	28
7.6.2	Test current and duration [6.6.2]	29
7.6.3	Behaviour of circuit-breaker during test [6.6.3]	29
7.6.4	Conditions of circuit-breaker after test [6.6.4]	29
7.7	Mechanical and environmental tests [6.101]	29
7.7.1	Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests [6.101.1]	29
7.7.2	Mechanical operation test at ambient air temperature [6.101.2]	31
7.7.3	Low and high temperature tests [6.101.3]	32

7.7.4	Humidity test [6.101.4].....	35
7.7.5	Test to prove the operation under severe ice conditions [6.101.5].....	36
7.7.6	Guide for static terminal load test [6.101.6].....	36
7.8	Miscellaneous provisions for making and breaking tests [6.102].....	37
7.8.1	General [6.102.1].....	37
7.8.2	Particular requirements for single-pole circuit-breaker tests	37
7.8.3	Arrangement of circuit-breaker for tests [6.102.3]	37
7.8.4	General considerations concerning test methods [6.102.4]	38
7.8.5	Synthetic tests [6.102.5]	38
7.8.6	No-load operations before tests [6.102.6]	38
7.8.7	Alternative closing mechanisms [6.102.7]	39
7.8.8	Behaviour of circuit-breaker during tests [6.102.8]	39
7.8.9	Condition of circuit-breaker after tests [6.102.9]	40
7.8.10	Circuit-breaker with short arcing times.....	41
7.9	Test circuit for short circuit making and breaking tests [6.103].....	43
7.9.1	Power factor [6.103.1]	43
7.9.2	Frequency [6.103.2].....	43
7.9.3	Earthing of test circuit for single phase tests of a single-pole circuit-breaker [6.103.3]	43
7.9.4	Connection of test circuit to circuit-breaker [6.103.4]	43
7.10	Short-circuit test quantities [6.104]	44
7.10.1	Applied voltage before short-circuit making tests [6.104.1]	44
7.10.2	Short-circuit making current [6.104.2]	44
7.10.3	Short-circuit breaking current [6.104.3].....	45
7.10.4	DC component of short-circuit breaking current [6.104.4].....	45
7.10.5	Transient recovery voltage (TRV) for terminal fault test [6.104.5].....	46
7.10.6	Measurement of transient recovery voltage [6.104.6].....	48
7.10.7	Power frequency recovery voltage [6.104.7]	48
7.11	Short-circuit test procedure [6.105].....	48
7.11.1	Time interval between tests [6.105.1]	48
7.11.2	Application of auxiliary power to the opening release – Breaking tests [6.105.2]	49
7.11.3	Application of auxiliary power to the opening release – Make-break tests [6.105.3]	49
7.11.4	Latching on short-circuit [6.105.4].....	49
7.11.5	Invalid tests [6.105.5]	49
7.12	Basic short-circuit test-duties [6.106].....	50
7.12.1	General	50
7.12.2	Test-duty T10 [6.106.1]	50
7.12.3	Test-duty T30 [6.106.2]	50
7.12.4	Test-duty T60 [6.106.3]	50
7.12.5	Test-duty T100s [6.106.4].....	50
7.12.6	Test-duty T100a [6.106.5].....	51
7.13	Critical current tests [6.107]	51
7.13.1	Applicability [6.107.1]	51
7.13.2	Tests current [6.107.2].....	51
7.13.3	Critical current test-duties [6.107.3].....	52
7.14	Out-of-phase making and breaking tests [6.110].....	52
7.15	Capacitive current switching tests [6.111].....	52
7.15.1	Applicability [6.111.1].....	52

7.15.2	General [6.111.2]	52
7.15.3	Characteristics of supply circuits [6.111.3]	52
7.15.4	Earthing of the supply circuit [6.111.4]	52
7.15.5	Characteristics of the capacitive circuit to be switched [6.111.5].....	53
7.15.6	Wave form of the current [6.111.6]	53
7.15.7	Test voltage [6.111.7].....	54
7.15.8	Test duties [6.111.9].....	54
7.15.9	Test with specified TRV [6.111.9]	54
7.15.10	Test results [6.111.11].....	54
8	Routine tests [7]	55
8.1	General	55
8.2	Power frequency voltage withstand dry on the main circuit [7.1]	55
8.3	Voltage withstand tests on control and auxiliary circuits [7.2]	55
8.4	Measurement of the resistance of the main circuit [7.3]	55
8.5	Mechanical operating tests [7.101]	55
8.6	Design and visual check [7.102]	56
9	Guidance to the selection of circuit-breakers for service [8]	57
10	Information to be given with enquiries, tenders and orders [9]	57
	Bibliography.....	58
	Table 1 – Nominal voltages (U_N), rated impulse voltages (U_{Ni}) and short-duration power-frequency (AC) test levels U_a for circuits connected to the contact line	12
	Table 2 – Standard values of rated transient recovery voltage – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker.....	16
	Table 3 – Standard values of prospective transient recovery voltage for 120° out-of-phase breaking–Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker.....	18
	Table 4 – Standard values of prospective transient recovery voltage for 180° out-of-phase breaking – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker.....	18
	Table 5 – Suggested values of maximum permissible switching overvoltage to earth	20
	Table 6 – Co-ordination table of rated values for circuit-breakers.....	22
	Table 7 – Mechanical operation test at ambient temperature.....	32
	Table 8 – Standard values of prospective transient recovery voltage for test-duty T60 – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker	46
	Table 9 – Standard values of prospective transient recovery voltage for test-duty T30 – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker	47
	Table 10 – Test values for tests with specified TRV	54

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –
PARTICULAR REQUIREMENTS FOR AC SWITCHGEAR –**

Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_n above 1 kV

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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.

International Standard IEC 62505-1 has been prepared IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways. This standard is based on EN 50152-1.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
9/1219/FDIS	9/1232/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

A list of all parts of IEC 62505 series, under the general title *Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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

The IEC Standard series 62505 is divided as follows.

- Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_n above 1 kV.
- Part 2: Single-phase disconnectors, earthing switches and switches with U_n above 1 kV.
- Part 3-1: Measurement, control and protection devices for specific use in a.c. traction systems – Application guide
- Part 3-2: Measurement, control and protection devices for specific use in a.c. traction systems – Single-phase current transformers
- Part 3-3: Measurement, control and protection devices for specific use in a.c. traction systems – Single-phase inductive voltage transformers

IEC 62505-1 is to be used in conjunction with IEC 62271-100 (2008).

The essential requirements of IEC 62271-100 have been transcribed in this International Standard. Other complementary clauses of IEC 62271-100 are mentioned in this Standard. Where a particular clause of IEC 62271-100 is not mentioned, but is not referred as "not applicable" in this Standard, that clause applies as far as reasonable. Where this Standard states "addition" or "replacement", the relevant text of IEC 62271-100 is to be adapted accordingly.

The numbering of clauses in the IEC 62271 series is not used in this Standard. The numbering in square brackets refers to the numbering of clauses in IEC 62271.

NOTE 1 Where terms defined in IEC 62271-100 conflict with definitions of the same terms as given in IEC 60050-811:1991 or of the other railway applications documents listed in the normative references, the definitions used in IEC 62271-100 are to be used.

NOTE 2 The suffix N which appears in this Standard for rated values is not present in IEC 62271-100.

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – PARTICULAR REQUIREMENTS FOR AC SWITCHGEAR –

Part 1: Single-phase circuit-breakers with U_n above 1 kV

1 Scope

This part of IEC 62505 is applicable to single-phase a.c. one-pole circuit-breakers designed for indoor or outdoor fixed installations for operation at frequencies of 16,7 Hz, 50 Hz and 60 Hz on traction systems having an U_{Nm} above 1 kV up to 52 kV.

This International Standard is also applicable to two-pole circuit-breakers when connected in the following manner: one pole supplying the connection to the contact line of the track, the second pole supplying the connection to the feeder cable which runs alongside the same track and which is used to boost the track voltage at regular intervals in combination with autotransformers. The centre of this circuit is connected to earth.

This Standard is also applicable to the operating devices of circuit-breakers and to their auxiliary equipment.

This Standard does not address circuit-breakers with dependent manual operating mechanism.

NOTE A rated short-circuit making current cannot be specified for these circuit-breakers and the use of these mechanisms may give reasons for the objection based on their safety in operation.

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 60044-1:1999, *Instrument transformers – Part 1: Current transformers*

IEC 60850:2007, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*

IEC 62271-102:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating-current disconnectors and earthing switches*

IEC 62497-1, *Railway applications – Insulation co-ordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62271-1 and IEC 62271-100, and the following apply:

3.1

single-pole circuit-breaker

circuit-breaker with one electrically separated conducting path for the main circuit suitable for use in a single phase circuit

NOTE The construction arrangement of this device is in principle identical to one phase of a three-phase circuit-breaker.

3.2

two-pole circuit-breaker

circuit-breaker with two independent electrically separated conducting paths for the main circuit

NOTE 1 The two paths may be connected in series for use in a single phase circuit where the establishment and the separation of the two paths are simultaneous.

NOTE 2 The construction arrangement of this device is in principle identical to two phases of a three phase circuit-breaker.

3.3

index of definitions

same as in 3.8 of IEC 62271-100, but amended according to the definitions above

4 Service conditions

Clause 2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The equipment covered by this Standard shall be suitable for installation in trackside locations subject to vibrations from passing trains, airborne iron dust contamination from train brakes and shall meet the electromagnetic compatibility (EMC) requirements.

For special service conditions, agreement shall be made between purchaser and supplier.

5 Rating

5.1 General

A circuit-breaker in correct condition of maintenance and adjustment shall be able to withstand all stresses that occur in service provided that these do not exceed its rated characteristics.

The characteristics of a circuit-breaker, including its operating devices and auxiliary equipment, that shall be used to determine the rating are the following:

Rated characteristics to be given for all circuit-breakers:

- a) rated voltage;
- b) rated insulation level;
- c) rated frequency;
- d) rated normal current;
- e) rated short-time withstand current;
- f) rated peak withstand current;
- g) rated duration of short circuit, for circuit-breakers not fitted with direct over-current release;
- h) rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits;
- i) rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits;

- j) rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption, if applicable;
- k) rated gas pressure for sealed gas pressure devices;
- l) rated short-circuit breaking current;
- m) rated transient recovery voltage for terminal faults;
- n) rated short-circuit making current;
- o) rated operating sequence.

5.2 Rated voltage (U_{Ne})

The rated voltage U_{Ne} shall be chosen taking into consideration the maximum voltage level suitable to be permanently applied to the circuit-breaker (i.e. highest permanent voltage U_{max1} as defined in IEC 60850).

NOTE This standard makes reference to the values U_{max1} and U_{max2} , taken from IEC 60850. These values are used to express the values of U_{Ne} , which are expected to be equal or higher than U_{max1} . The insulation characteristics are also expected to be suitable to allow, when required in Clause 5 and Clause 7, the highest non-permanent voltage U_{max2} .

5.3 Nominal voltage (U_n)

The nominal voltage U_n shall be one of the voltages listed in Table 1 of IEC 60850.

5.4 Rated insulation voltage (U_{Nm}) [4.2]

The value of the rated insulation voltage U_{Nm} , of the rated impulse withstand voltage U_{Ni} and of the power-frequency withstand voltage U_a shall be as given in Table 1, taken from the values listed in IEC 62497-1.

Table 1 – Nominal voltages (U_n), rated impulse voltages (U_{Ni}) and short-duration power-frequency (AC) test levels U_a for circuits connected to the contact line

U_n kV	U_{Nm} kV	U^a kV	OV	U_{Ni} (1,2/50 μ s) kV	U_a kV
IEC 60850	IEC 62497-1	(IEC 62271-1)	IEC 62497-1		
15	17,25	(24,0)	3	95	38 or 50 ^b
			4	125	50
		(36,0)	3	145	70
			4	170	70 or 95 ^b
20	24	N/A	3		
			4	150	50
25	27,5 ^c	N/A	3	170	70 or 95 ^b
			4	200 ^c	95
		(52,0)	3	200 ^c	95
			4	250	95
	30	N/A	3		
			4	200	70
See Note 3	52,0	(72,5)	3	250	95
			4	300	140
<p>NOTE 1 The choice of the different values of U_{Ni} given for the same U_n, depends upon the highest non-permanent voltages (such as U_{max2} of IEC 60850) actually appearing in the system.</p> <p>NOTE 2 OV3 and OV4 are overvoltage categories depending on the system configuration and degree of overvoltage control (inherent control or protective control) as given in IEC 62497-1.</p> <p>NOTE 3 Take care that in those cases in which for circuit reasons it may happen that a higher voltage is applied to the device terminals in transient conditions, a higher rated insulation voltage between contacts might be necessary (e. g. $U_{Nm} = 52$ kV for $U_n = 25$ kV).</p> <p>^a The values in brackets give the rated voltages according to Table 1a of IEC 62271-1 having the nearest equivalence in test withstand voltages with the test values for single-phase voltages given in this Table.</p> <p>^b At purchaser's choice or by agreement</p> <p>^c These values are used in railway application only and are not of wide industrial use.</p>					

5.5 Rated frequency [4.3]

Subclause 4.3 of IEC 62271-1 is applicable.

5.6 Rated normal current and temperature rise [4.4]

Subclauses 4.4.1 and 4.4.2 of IEC 62271-1 are applicable with the following additions:

The values of rated currents shall be selected from the following standard values:

400 A; 630 A; 800 A; 1 250 A; 1 600 A; 2 000 A; 2 500 A; 4 000 A.

NOTE The above values are selected from the R 10 series, and, if required, higher values than those shown should also be selected from this series.

If the circuit-breaker is fitted with a series connected accessory, such as a direct over-current release, the rated normal current of the accessory is the r.m.s. value of the current which the

accessory shall be able to carry continuously without deterioration at its rated frequency, with a temperature rise not exceeding the values specified in Table 3 of IEC 62271-1.

Current transformers shall comply with IEC 60044-1.

5.7 Rated short-time withstand current [4.5]

Subclause 4.5 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The rated short-time withstand current is equal to the rated short-circuit breaking current (see 5.13).

5.8 Rated peak withstand current [4.6]

Subclause 4.6 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The rated peak withstand current is equal to the rated short-circuit making current (see 5.16).

5.9 Rated duration of short-circuit [4.7]

Subclause 4.7 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

A rated duration of a short-circuit need not be assigned to a circuit-breaker fitted with a direct over-current release provided that, when connected in a circuit the prospective breaking current of which is equal to its rated short-circuit breaking current, the circuit-breaker shall be capable of carrying the resulting current for the break-time required by the circuit-breaker with the over-current release set for the maximum setting and maximum time delay if adjustable, when operating in accordance with its rated operating sequence (see 7.6.1).

5.10 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuit [4.8]

Subclause 4.8 of IEC 62271-1 is applicable.

5.11 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits [4.9]

Subclause 4.9 of IEC 62271-1 is applicable.

5.12 Rated pressures of compressed gas supply for operation and for interruption [4.10]

The value of the pressures to which the circuit-breaker is filled.

Subclause 4.10 of IEC 62271-1 is applicable to the pressure of the compressed gas supply for operation.

No standard values are given for rated pressure of compressed gas supply for interruption.

The rated pressures of compressed gas shall be given by the manufacturer of the circuit-breaker.

5.13 Rated short-circuit breaking current (I_{Nss}) [4.101]

5.13.1 General [4.101]

The rated short-circuit breaking current (I_{Nss}) is the highest short-circuit current which the circuit-breaker shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a power-frequency recovery voltage

corresponding to the rated voltage of the circuit-breaker and having a transient recovery voltage equal to the rated value specified in 5.14.1.

Short-line fault interruption is not a requirement for circuit-breakers to this standard. Such a requirement shall be deemed to be special and subject to agreement between purchaser and supplier.

The rated short-circuit breaking current is characterized by two values:

- the r.m.s. value of its a.c. component, termed "rated short-circuit current" for shortness, and
- the percentage d.c. component.

NOTE 1 If the d.c. component does not exceed 20 %, the rated short-circuit breaking current is characterized only by the r.m.s. value of its a.c. component.

For determination of the a.c. and d.c. components, see Figure 8 of IEC 62271-100.

The circuit-breaker shall be capable of breaking any short-circuit current up to its rated short-circuit breaking current containing any a.c. component up to the rated value and associated with it any percentage d.c. component up to that specified, under the conditions mentioned above.

The following applies to a standard circuit-breaker:

- a) At voltages below the rated voltage, it will be capable of breaking its rated short-circuit breaking current.

NOTE 2 For circuit-breakers having proved rated short-circuit breaking currents I_{Nss} at two different rated voltages U_{Ne} , intermediate characteristics may be assigned from the straight line drawn between the two proved rating points on a plot of $\log U$ versus $\log I$. In case of doubt, tests should be carried out to check the validity of the interpolation.

- b) At voltages above the rated voltage, no short-circuit breaking current is guaranteed except to the extent provided for in 5.18.

5.13.2 AC component of the rated short-circuit breaking current [4.101.1]

The r.m.s. value of the a.c. component of the rated short-circuit breaking current shall be selected from the values shown in Table 6.

NOTE The values in Table 6 are selected from the R 10 series, and, if required, higher values than those shown should also be selected from this series.

5.13.3 DC component of the rated short-circuit breaking current [4.101.2]

The value of the percentage d.c. component shall be determined as follows:

- a) For a circuit-breaker which can be tripped by a short-circuit current without the aid of any form of auxiliary power, the percentage d.c. component shall correspond to a time interval τ equal to the minimum opening time of the circuit-breaker.
- b) For a circuit-breaker which can be tripped solely by a form of auxiliary power, the percentage d.c. component shall correspond to a time interval τ equal to the minimum opening time of the circuit-breaker plus one-half cycle of rated frequency.

The minimum opening time mentioned above is the shortest opening time of the circuit-breaker obtainable under any service conditions whether in a breaking operation or a make-break operating cycle.

The percentage value of the d.c. component is dependent on the time interval τ . Standard values and special case values are given in Figure 9 of IEC 62271-100.

5.14 Rated transient recovery voltage for terminal faults [4.102]

5.14.1 General

The rated transient recovery voltage (TRV) for terminal faults, relating to the rated short-circuit breaking current in accordance with 5.13.1, is the reference voltage which constitutes the limit of the prospective transient recovery voltage of circuits which the circuit-breaker shall be capable of breaking in the event of a short-circuit at its terminals.

5.14.2 Representation of transient recovery voltage waves [4.102.1]

The wave form of transient recovery voltages varies according to the arrangement of actual circuits.

NOTE 1 The transient recovery voltage approximates to a damped single frequency oscillation. This wave form is adequately represented by an envelope consisting of two line segments defined by means of two parameters. Methods of drawing TRV envelopes are given in IEC 62271-100, Annex F.

The influence of local capacitance on the source side of the circuit-breaker produces a slower rate of rise of the voltage during the first few microseconds of the TRV. This is taken into account by introducing a time delay.

It appears that every part of the TRV wave may influence the interrupting capability of a circuit-breaker. The very beginning of the TRV may be of importance for some types of circuit-breakers.

NOTE 2 This part of TRV, called initial TRV (ITRV), is caused by the initial oscillations of small amplitude due to reflections from the first major discontinuity along the busbar. The ITRV is a physical phenomenon which is very similar to the short-line fault. Compared with the short-line fault, the first voltage peak is rather low, but the time to the first peak is extremely short, that is within the first microseconds after current zero. Therefore the thermal mode of interruption may be influenced.

NOTE 3 Since the ITRV is proportional to the busbar surge impedance and to current, the ITRV requirement can be neglected for metal-enclosed switchgear and in most railway applications, because of the low surge impedance and for all switchgear with a rated short-circuit breaking current of less than 50 kA.

NOTE 4 If the circuit-breaker has a short-line fault rating the ITRV requirements are considered to be covered if the short-line fault tests are carried out using a line without time delay (see 7.10.5.2).

5.14.3 Representation of rated TRV [4.102.2]

The following parameters are used for the representation of rated TRV:

- a) four-parameter reference line
not applicable;
- b) two-parameter reference line (see Figure 11 of IEC 62271-100):
 u_c = reference voltage (TRV peak value), in kV,
 t_3 = time to reach u_c , in ms;
- c) delay line of TRV (see Figure 11 of IEC 62271-100):
 t_d = time delay, in ms,
 u' = reference voltage, in kV,
 t' = time to reach u' , in ms.

The delay line starts on the time axis at the rated time delay and runs parallel to the first section of the reference line of rated TRV and terminates at the voltage u' (time-coordinate t');

- d) not applicable.

5.14.4 Standard values of rated TRV [4.102.3]

Standard values of rated TRV for single-phase circuit-breakers are given in Table 2.

Where the purchaser has requirements for higher severities of TRV than those in Table 2, these shall be identified in purchaser's specification.

Table 2 – Standard values of rated transient recovery voltage – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker

U_n kV	U_{max1}^a kV	U_{max2}^a kV	TRV peak value	t_3 μs	t_d μs	u' kV	t' μs	Rate of rise
			U_c kV					U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	36	108	16,0	12	52	0,33
20	24,0	N/A	41	82	12,3	14	40	0,50
25	27,5	29	57	132	20,0	19	64	0,43
25	30,0	N/A	62	103	15,5	21	50	0,60

^a See IEC 60850.
N/A not applicable.

with:

$$U_c = 1,4 \times \sqrt{2} \times U_{max2};$$

1,4 = amplitude factor (see IEC 62271-100);

$$u' \approx \frac{U_c}{3};$$

$$t' = \frac{t_3}{3} + t_d;$$

$$t_d = 0,15 \times t_3.$$

NOTE 1 The values in Table 2 are minimum values. The values of Table 1 of IEC 62271-100 may be adopted with U (IEC 62271-100) = $\sqrt{3} \times U_{max2}$ and t_3 unchanged.

NOTE 2 The TRV figures are for a single-pole circuit-breaker. The equivalent three-phase circuit-breaker is tested with u_c and U_c/t_3 values equal to 1,5 times those shown in Table 2. Values for the time delay t_d are to be in accordance with Table 1a of IEC 62271-100.

5.15 Standard values of initial transient recovery voltage [4.102.4]

Subclause 4.102.4 of IEC 62271-100 is not applicable to single-phase circuit-breakers for railway applications.

5.16 Rated short-circuit making current [4.103]

The rated short-circuit making current (see Figure 8 of IEC 62271-100) of a circuit-breaker is that which corresponds to the rated voltage, and shall be 2,5 times the r.m.s. value of the a.c. component of its rated short-circuit breaking current (see 5.13).

5.17 Rated operating sequence [4.104]

There are two alternative rated operating sequences as follows:

O - t - CO - t' - CO

Unless otherwise specified:

$t = 180$ s for circuit-breakers not intended for rapid auto-reclosing;

NOTE 1 Instead of $t' = 180$ s, $t' = 60$ s is also used for circuit-breakers not intended for rapid auto-reclosing.

$t = 0,3$ s for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing (dead time);

$t' = 180$ s.

NOTE 2 Instead of $t' = 180$ s, other values: $t' = 15$ s (for rated voltages less than or equal to 52 kV) and $t' = 60$ s are also used for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing.

CO - t'' - CO

with:

$t'' = 15$ s, for circuit-breakers non intended for rapid auto-reclosing;

where:

O represents an opening operation;

CO represents a closing operation followed immediately (that is, without any intentional time-delay) by an opening operation;

t , t' and t'' are time-intervals between successive operations.

NOTE 3 t , t' and t'' should always be expressed in s.

If the dead time is adjustable, the limits of adjustment shall be specified.

5.18 Rated out-of-phase breaking current [4.106]

If required by the purchaser, a single-pole circuit-breaker may be used in service in the open position with two different phases across its open terminals, such as a circuit-breaker used for supplying an alternative feed in emergency conditions. This test shall be performed at a rating specified by the purchaser based on the maximum fault current which can exist for this condition. This out-of-phase breaking current cannot exceed 50 % of the rated short-circuit current with two phases displaced by a maximum of 120° or 180°. The purchaser shall identify if out-of-phase breaking current is applicable and which condition applies.

NOTE The 120° case occurs when voltage is derived from two different phases of a three-phase system. The 180° case typically occurs when the neutral is the central point of a single-phase system (currently indicated as $\pm U_n$ system).

The transient recovery voltage shall be as given in Tables 3 and 4.

Table 3 – Standard values of prospective transient recovery voltage for 120° out-of-phase breaking—Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker

Nominal voltage U_n kV	U_{max1}^a kV	U_{max2}^a kV	TRV peak value U_c kV	Time t_3 μs	Rate of rise U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	55	216	0,25
20	24,0	N/A	61	164	0,37
25	27,5	29	88	264	0,33
25	30,0	N/A	92	206	0,45

^a See IEC 60850.
N/A not applicable.

with:

$$U_c = 1,25 \times \sqrt{2} \times \sqrt{3} \times U_{max2} ;$$

1,25 = corrected amplitude factor (see IEC 62271-100);

$\sqrt{3}$ = factor of maximum phase-displacement;

$$t_3 = 2 \times t_3 \text{ (of Table 2).}$$

Table 4 – Standard values of prospective transient recovery voltage for 180° out-of-phase breaking – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker

Nominal voltage U_n kV	U_{max1}^a kV	U_{max2} kV	TRV peak value U_c kV	Time t_3 μs	Rate of rise U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	64	216	0,30
20	24,0	N/A	70	164	0,43
25	27,5	29	102	264	0,39
25	30,0	N/A	106	206	0,51

^a See IEC 60850.
N/A not applicable.

with:

$$U_c = 1,25 \times \sqrt{2} \times 2 \times U_{max2} ;$$

1,25 = corrected amplitude factor (see IEC 62271-100);

2 = factor of phase opposition;

$$t_3 = 2 \times t_3 \text{ (of Table 2).}$$

Where the purchaser has requirements for higher severities of TRV than those given in Tables 3 and 4, these shall be identified in the purchaser's specification.

5.19 Rated line-charging breaking current [4.107.1]

When specified by the purchaser the circuit-breaker shall be capable of breaking the capacitive current of the feeder cable or the catenary at a voltage value of not less than $U_{\max 1}$ (see IEC 60850), and with a current not exceeding 10 A.

5.20 Rated cable-charging breaking current [4.107.2]

The rated cable-charging breaking current is the maximum cable-charging current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this Standard and without exceeding the appropriate maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table 5.

The specification of rated cable-charging breaking current to a circuit-breaker is not mandatory but is made on request, and is considered unnecessary for circuit-breakers of rated voltages equal to or less than 24 kV. If assigned, it is recommended that the rated cable-charging breaking current be 50 A for 15 kV systems and 80 A for 25 kV systems.

5.21 Rated single capacitor bank breaking current [4.107.3]

The rated single capacitor bank breaking current is the maximum capacitor current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table 5, columns B.

NOTE 1 This breaking current refers to the switching of a shunt capacitor bank where no shunt capacitors are connected to the source side of the circuit-breaker.

The specification of a rated single capacitor bank breaking current is not mandatory.

NOTE 2 Values of rated single capacitor bank breaking current should be selected from the R 10 series and with a current not exceeding 200 A unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

5.22 Rated back-to-back capacitor bank breaking current [4.107.4]

The rated back-to-back capacitor bank breaking current is the maximum capacitor current that the circuit-breaker shall be capable of breaking at its rated voltage under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard and without exceeding the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer. Suggested values are given in Table 5, columns B.

The specification of a rated back-to-back capacitor bank breaking current is not mandatory.

NOTE 1 This breaking current refers to the switching of a shunt capacitor bank where one or several shunt capacitor banks are connected to the source side of the circuit-breaker giving an inrush making current equal to the rated capacitor bank inrush making current.

NOTE 2 Values of rated back-to-back capacitor bank breaking currents should be selected from the R 10 series and with a current not exceeding 200 A unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

NOTE 3 Similar conditions could apply for the switching of cables.

5.23 Rated capacitor bank inrush making current [4.107.5]

The rated capacitor bank inrush making current is the peak value of the current that the circuit-breaker shall be capable of making at its rated voltage and with a frequency of the inrush current appropriate to the service conditions.

The specification of a rated capacitor bank inrush making current is mandatory for circuit-breakers that have a rated back-to-back capacitor bank breaking current.

Table 5 – Suggested values of maximum permissible switching overvoltage to earth

U_n	U_{Nm}	U_{max2}	U_{Ni}	$U_{max.earth}$			
				A		B	
kV	kV	kV	kV	kV ^a	p.u. ^b	kV ^a	p.u. ^b
15	24	18	170	97	3,8	64	2,5
25	36	29	250	144	3,5	103	2,5
^a Peak value. ^b $U_{max2} \times \sqrt{2}$.							

NOTE 1 Values of rated capacitor bank inrush making currents should be selected from the R 10 series and with a rated current not exceeding 200 A unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

NOTE 2 In service, the frequency of the inrush current is normally in the range 2 kHz - 5 kHz.

NOTE 3 The circuit-breaker is considered to be suitable for any frequency of the inrush current lower than that for which it has been tested.

NOTE 4 The values shown in Table 5 apply only to the test conditions of 7.15. Other overvoltages such as, for instance, those appearing when reclosing a line with trapped charges and when breaking a small inductive current as well as phase-to-phase overvoltages, are not covered by this Table.

NOTE 5 The values shown in Table 5 cannot always guarantee that phase-to-phase flashovers will not occur.

NOTE 6 The values of columns A of Table 5 apply to circuit-breakers for general use intended for switching unloaded lines and cables of the types most generally used in power systems.

The values of columns B of Table 5 apply to circuit-breakers for special use intended for switching capacitor banks or no-load lines and cables in supply systems where there are special insulation co-ordination problems such as, for instance, limitation of energy absorption by surge diverters, spark-over of spark-gaps, etc.

5.24 Rated time quantities [4.109]

5.24.1 General

Rated values may be assigned to the following time quantities:

- opening time;
- break time;
- closing time;
- open-close time;
- reclosing time;
- close-open time.

Rated time quantities are based on:

- rated values for supply voltages of closing and opening devices and auxiliary circuits (see 5.10);
- rated value for supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits (see 5.11);
- rated values for pressures of compressed gas supply for operation and for interruption (see 5.12);
- rated value for pressure of hydraulic supply for operation;
- an ambient air temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. If tests are carried out at other ambient temperatures, agreement between manufacturer and user may be necessary for the interpretation of the results.

NOTE Usually it is not practical to assign a rated value of make time or of make-break time due to the variation of the pre-arcing time.

5.24.2 Rated break time [4.109.1]

The maximum break time determined during test-duties T30, T60 and T100s of 7.12.2, 7.12.3 and 7.12.4 with the circuit-breaker operated at auxiliary supply voltage and frequency and pressures of pneumatic or hydraulic supply at their rated values at an ambient air temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (see 5.24.1) shall not exceed the rated break time.

NOTE 1 According to 7.8.3 the basic short-circuit test-duties should be carried out at minimum voltage or pressure of the operating devices. In order to verify the rated break time during these test-duties the recorded maximum break time should be amended to take account of the lower auxiliary supply voltage and pressure as follows:

$$t_b \geq t_1 - (t_2 - t_3);$$

where:

- t_b is the rated break time;
- t_1 is the maximum recorded break time during test-duties T30, T60 and T100s;
- t_2 is the opening time recorded on no-load with auxiliary supply voltage and pressures of compressed gas supply as used during test-duties T30, T60 and T100s;
- t_3 is the rated opening time.

If the break time determined according to this procedure exceeds the rated break time, the test-duty which has given the longest break time may be repeated with auxiliary supply voltage and frequency and pressure of pneumatic or hydraulic supply at their rated values and if applicable, at rated pressure of the interrupting medium.

NOTE 2 The break time during a make-break operation of test-duty T100s should not exceed the rated break time by more than 0,5 cycle.

5.25 Co-ordination of rated values

Co-ordinated values of rated voltages (5.2), short-circuit breaking currents (5.13) and rated normal currents (5.6) are given in Table 6, which is to be used as a guide for preferred values.

Table 6 – Co-ordination table of rated values for circuit-breakers

Basic voltages			Rated short circuit breaking current I_{sc} kA	Rated normal current							
U_n kV	U_{Nm} kV	U^a kV		I_n A							
15 ^b	17,5 ^b	(24)	8 12,5 16 20 25 31,5 40 50	400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600	2 000 2 000	2 500 2 500	4 000 4 000
15 or 25 ^b	24,0 27,5 ^b	(36) N/A	8 12,5 16 20 25 31,5 40 50		630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	2 500 2 500 2 500 2 500	4 000 4 000 4 000
20	24	N/A	12,5 20 25 40 50 63		600 600 600		1 200 1 200 1 200 1 200		2 000 2 000	3 000 3 000	4 000 4 000
25	30	N/A	12,5 16 25 31,5 40		600 600 600		1 200 1 200 1 200 1 200		2 000 2 000 2 000	3 000 3 000	
25	36,0	(52)	8 12,5 20			800	1 250 1 250 1 250	1 600	2 000	2 500	
	52,0	(72,5)	12,5 16 20 31,5 50			800 800	1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600	2 000 2 000	2 500 2 500 2 500	4 000
<p>^a The values in brackets give the rated voltages according to Table 1a of IEC 62271-1 having the nearest equivalence in test withstand voltages with the test values for single-phase equipment given in this Table.</p> <p>^b These values are used in railway applications only and are not of wide industrial use.</p> <p>N/A not applicable.</p>											

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Design and construction [5]

6.1 Requirements for liquids in circuit-breakers [5.1]

Subclause 5.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2 Requirements for gases in circuit-breakers [5.2]

Subclause 5.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.3 Earthing of circuit-breakers [5.3]

Subclause 5.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.4 Auxiliary equipment [5.4]

Auxiliary equipment is used in the control and auxiliary circuits of circuit-breakers.

Subclause 5.4 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

- Connections shall withstand the stresses imposed by the circuit-breaker, especially those due to mechanical forces during operations.
- In the case of outdoor circuit-breakers all auxiliary equipment including the wiring shall be adequately protected against dust, rain and humidity.
- Where auxiliary switches are used as position indicators, they shall indicate the end position of the circuit-breaker at rest, open or closed.
- Where special items of control equipment are used, they shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits, quenching and operating media, and be able to switch the loads which are stated by the circuit-breaker manufacturer.
- Special items of auxiliary equipment such as liquid-indicators, pressure indicators, relief valves, filling and draining equipment, heating and interlock contacts shall operate within the limits specified for supply voltages of auxiliary and control circuits and/or within the limits of use of quenching and operating media.
- The power consumption of heaters at rated voltage shall be within the tolerance of $\pm 10\%$ of the values stated by the manufacturer.

6.5 Dependent power closing [5.5]

Subclause 5.5 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

A circuit-breaker arranged for dependent power closing with external energy supply shall also be capable of opening immediately following the closing operation with the rated short-circuit making current.

6.6 Stored energy closing [5.6]

Subclause 5.6 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition to the first paragraph:

A circuit-breaker arranged for stored energy closing shall also be capable of opening immediately following the closing operation with the short-circuit making current.

6.7 Operation of releases [5.8]

6.7.1 General

Subclause 5.8 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

6.7.2 Over-current release [5.8.101]

6.7.2.1 Operating current [5.8.101.1]

An over-current release shall be marked with its rated normal current and its current setting range.

Within the current setting range, the over-current release shall always operate at currents of 110 % and above of the current setting, and shall never operate at currents of 90 % and below of this current setting.

6.7.2.2 Operating time [5.8.101.2]

For an inverse time delay over-current release, the operating time shall be measured from the instant at which the over-current is established until the instant at which the release actuates the tripping mechanism of the circuit-breaker.

The manufacturer shall provide tables or curves, each with the applicable tolerances, showing the operating time as a function of current, between twice and six times the operating current. These tables or curves shall be provided for the extreme current settings together with the extreme settings of time delay.

6.7.2.3 Resetting current [5.8.101.3]

If the current in the main circuit falls below a certain value, before the time delay of the over-current release has expired, the release shall not complete its operation and shall reset to its initial position.

The relevant information shall be given by the manufacturer.

6.7.3 Multiple releases [5.8.102]

If a circuit-breaker is fitted with multiple releases for the same function, a defect in one release shall not disturb the function in the others.

6.8 Low and high pressure interlocking devices [5.9]

All circuit-breakers having an energy storage in gas receivers or hydraulic accumulators (see 5.6.1 of IEC 62271-1) and all circuit-breakers except sealed pressure devices, using compressed gas for interruption (see 6.11) shall be fitted with low pressure interlocking device, and can also be fitted with high pressure interlocking devices, set to operate at, or within, the appropriate limits of pressure stated by the manufacturer.

6.9 Nameplates [5.10]

Subclause 5.10 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

The nameplates of a circuit-breaker and its operating devices shall be marked in accordance with Table 10 of IEC 62271-100.

Coils of operating devices shall have a reference mark permitting the complete data to be obtained from the manufacturer.

Releases shall bear the appropriate data.

In addition, it is desirable that the year of manufacture of the circuit-breaker is recognizable.

The nameplate shall be visible in the position of normal service and installation.

6.10 Requirements for simultaneity of poles [5.101]

Subclause 5.101 of IEC 62271-100 is not applicable to single-phase circuit-breakers for railway applications.

6.11 General requirement for operation [5.102]

A circuit-breaker including its operating devices shall be capable of completing its rated operating sequence (5.17) in accordance with the relevant provisions of 6.5 to 6.8 and 6.12.

This requirement is not applicable to auxiliary manual operating devices; where provided, these shall be used only for maintenance and for emergency operation on a dead circuit.

6.12 Pressure limits of compressed gas for interruption in gas blast circuit-breakers [5.103]

The manufacturer shall state the maximum and minimum pressures of the compressed gas interruption at which the circuit-breaker is capable of performing according to its ratings and at which the appropriate low and high-pressure interlocking devices shall be set (see 6.8).

For double-pressure gas-blast circuit-breakers, the manufacturer may specify pressure limits at which the circuit-breaker is capable of each of the following performances:

- a) breaking its rated short-circuit breaking current, i.e. an "O" operation;
- b) making its rated short-circuit making current immediately followed by breaking its rated short-circuit breaking current, i.e. a "CO" operating cycle;
- c) for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing; breaking their rated short-circuit breaking current followed after a time interval t of the rated operating sequence (5.17) by making their rated short-circuit making current immediately followed by again breaking their rated short-circuit breaking current, i.e. an "O - t - CO" operating sequence.

The circuit-breakers shall be provided with energy storage of sufficient capacity for satisfactory performance of the appropriate operations at the corresponding minimum pressures stated.

Furthermore, for circuit-breakers having individual pumps or compressors the output of the pump or compressor and the capacity of the receivers shall be sufficient to provide for the performance of the rated operating sequence (5.17) at all currents up to the rated short-circuit making and breaking currents of the circuit-breaker. The pressure at the commencement of the operating sequence shall be equal to the appropriate minimum pressure stated by the manufacturer in accordance with the above requirements, and with the pump or compressor operating normally. When appropriate the manufacturer may specify pressure limits for the operation of the pump or compressor.

6.13 Vent outlet [5.104]

Vent outlets of circuit-breakers shall be so situated that a discharge of oil or gas or both will not cause electrical breakdown and is directed away from any location where persons may be present.

The construction shall be such that gas cannot collect at any point where ignition can be caused, during or after operation, by sparks arising from normal operation of the circuit-breaker or its auxiliary equipment.

6.14 Safety overpressure device

When specified by the purchaser, the circuit-breaker shall be equipped with a device allowing the release of accidental overpressures without breakages in the enclosure.

7 Type tests [6]

7.1 General

Clause 6 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

The type tests also include:

- mechanical and environmental tests, including mechanical operation test at ambient air temperature, low and high temperature tests, humidity test, test to prove operation under severe ice conditions and static terminal load test (see 7.7);
- short-circuit making and breaking tests and out-of-phase tests, if applicable (see 7.8 to 7.14 as applicable);
- capacitive current switching tests, including line-charging, cable-charging, single capacitor bank and back-to-back capacitor bank tests (see 7.15);
- magnetizing and small inductive current switching tests (see 7.16).

NOTE It is to be noted that the circuit-breakers covered by this document do not exceed an U_{Nm} of 72,5 kV and are mainly single-pole circuit-breakers operating at one of the phase voltages. However some circuit-breakers may have line voltage across the open terminals. Two-pole circuit-breakers are often installed either in series on a single-phase circuit, or in phases displaced by 180° or on two different phases of a three-phase system. In the latter two cases, however, the two poles of the circuit-breaker are seldom required to operate simultaneously in making or breaking the circuit.

In principle, the individual type tests shall be made on a circuit-breaker in a new and clean condition, and the various type tests may be made at different times and at different locations.

Where tests are made on a circuit-breaker whose report of type tests has already been accepted, the responsibility of the manufacturer is limited by the specified values and not by the result obtained during the type tests previously made.

Details relating to records and reports of type tests for making, breaking and short time current performance are given in Annex C of IEC 62271-100.

7.2 Dielectric tests [6.2]

7.2.1 Ambient air conditions during tests [6.2.1]

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1 is applicable.

7.2.2 Wet test procedure [6.2.2]

Subclause 6.2.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

NOTE For dead tank circuit-breakers, see Note of 7.2.7.

7.2.3 Condition of circuit-breaker during dielectric tests [6.2.3]

Subclause 6.2.3 of IEC 62271-1 is applicable.

7.2.4 Application of test voltage and test conditions [6.2.5]

Subclause 6.2.5 of IEC 62271-1 is applicable.

7.2.5 Test voltages [6.2.6]

Subclause 6.2.6 of IEC 62271-1 is applicable.

7.2.6 Lightning and switching impulse voltage tests [6.2.7.2, 6.2.7.3]

Subclauses 6.2.7.2 and 6.2.7.3 of IEC 62271-1 are applicable with the following addition.

Lightning impulse voltage tests

When the rated lightning impulse withstand voltages are chosen according to 5.4, a higher test voltage when testing the insulation across the open breaker may be required.

In these cases:

- the test voltage shall be subject to agreement between manufacturer and user. Requirements of IEC 62497-1 in respect to isolating voltages shall be taken into consideration;
- the first test series consists of the application, to each terminal, of 15 consecutive impulses at the peak value of the agreed voltage level, the opposite terminal being earthed. The other terminals (if any), the terminal to which the voltage is applied and the base, may be insulated in such a way as to prevent disruptive discharges to earth;
- the second test series consists of the application, to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage U_{Ni} . The other terminals and the base shall be earthed.

7.2.7 Power-frequency voltage tests [6.2.7.1]

Subclause 6.2.7.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The test voltage values shall be in accordance with Table 1 and IEC 62497-1.

If during a wet test a disruptive discharge on external self-restoring insulation occurs, this test shall be repeated in the same test condition and the circuit-breaker shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

NOTE In the case of dead tank circuit-breakers, when the bushings have been previously tested according to the relevant EN/HD or IEC Standard, tests under wet conditions can be omitted.

7.2.8 Artificial pollution tests [6.2.8]

Subclause 6.2.8 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

NOTE 1 Appropriate tests for checking the open breaker insulation are under consideration.

NOTE 2 To obviate the necessity of erecting large circuit-breakers for test purposes alone, in the case of circuit-breakers of modular construction one single module may be tested. In this case, however, the test severity is different from that of the test of the complete pole.

7.2.9 Partial discharge tests [6.2.9]

Subclause 6.2.9 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

No partial discharge tests are required to be performed on the complete circuit-breaker.

However, in the case of circuit-breakers using components for which a relevant IEC or EN Standard exists including partial discharge measurements (e.g. for bushings see IEC 60137), evidence shall be produced by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as laid down in the relevant EN or IEC Standard.

7.2.10 Tests on auxiliary and control circuits [6.2.10]

Subclause 6.2.10 of IEC 62271-1 is applicable.

7.3 Radio interference voltage (r.i.v.) tests [6.3]

Radio interference voltage tests shall be performed by agreement between manufacturer and purchaser.

Subclause 6.3 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

Tests shall be performed on one pole of the circuit-breaker in both closed and open position.

7.4 Temperature-rise tests [6.5]

7.4.1 Conditions of the circuit-breaker to be tested [6.5.1]

Subclause 6.5.1 of IEC 62271-1 is applicable.

7.4.2 Arrangement of the equipment [6.5.2]

Subclause 6.5.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following additions:

For a circuit-breaker not fitted with series connected accessories, the test shall be made with the rated normal current of the circuit-breaker.

For a circuit-breaker fitted with series connected accessories having a range of rated normal currents, the following tests shall be made:

- a) a test of circuit-breaker fitted with the series connected accessory having a rated normal current equal to that of the circuit-breaker, and made at the rated normal current of the circuit-breaker;
- b) a series of tests of the circuit-breaker fitted with the intended accessories, and made with currents equal to the rated normal current of each accessory.

If the accessories can be removed from the circuit-breaker, and if it is evident that the temperature rise of the circuit-breaker and of accessories do not appreciably influence each other, Test b) above may be replaced by a series of tests on the accessories alone.

7.4.3 Measurement of the temperature and the temperature rise [6.5.3]

Subclause 6.5.3 of IEC 62271-1 is applicable.

7.4.4 Ambient air temperature [6.5.4]

Subclause 6.5.4 of IEC 62271-1 is applicable.

7.4.5 Temperature-rise tests of the auxiliary equipment [6.5.5]

Subclause 6.5.5 of IEC 62271-1 is applicable.

7.4.6 Interpretation of the temperature-rise tests [6.5.6]

Subclause 6.5.6 of IEC 62271-1 is applicable.

7.5 Measurement of the resistance of the main circuit [6.4.1]

Subclause 6.4.1 of IEC 62271-1 is applicable.

7.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests [6.6]

Subclause 6.6 of IEC 62271-1 is applicable.

7.6.1 Arrangement of the circuit-breaker and of the test circuit [6.6.1]

Subclause 6.6.1 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

If the circuit-breaker is fitted with direct over-current releases, these shall be arranged for test with the coil of the minimum operating current set to operate at the maximum current and maximum time delay; the coil shall be connected to the source side of the test circuit. If the circuit-breaker can be used without direct over-current releases, it shall also be tested without them.

7.6.2 Test current and duration [6.6.2]

Subclause 6.6.2 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

For circuit-breakers fitted with direct over-current releases, the rated operating sequence confined to opening operations only shall be performed. Where the test is made at rated voltage, then the prospective current value shall be used.

7.6.3 Behaviour of circuit-breaker during test [6.6.3]

Subclause 6.6.3 of IEC 62271-1 is applicable.

7.6.4 Conditions of circuit-breaker after test [6.6.4]

Subclause 6.6.4 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The condition of circuit-breakers fitted with direct over-current releases shall comply with 7.8.9.

7.7 Mechanical and environmental tests [6.101]

7.7.1 Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests [6.101.1]

7.7.1.1 Component tests [6.101.1.2]

When testing a complete circuit-breaker is not practicable, component tests may be accepted as type tests. The manufacturer should determine the components which are suitable for testing.

Components are separate functional sub-assemblies which can be operated independently of the complete circuit-breaker (e.g. breaking unit, operating mechanism).

When component tests are made the manufacturer shall prove that the mechanical stress on the component during the tests is not less than the mechanical stress applied to the same component when the complete circuit-breaker is tested.

Component tests shall cover all different types of components of the complete circuit-breaker, provided that the particular test is applicable to the component. The conditions for the type tests shall be derived from the normal or special service conditions and rated characteristics of the circuit-breaker.

Parts of auxiliary and control equipment which have been manufactured in accordance with relevant standards shall comply with these standards. The proper function of such parts in connection with the function of the other parts of the circuit-breaker shall be verified.

7.7.1.2 Characteristics and settings of the circuit-breaker to be recorded before and after the tests [6.101.1.3]

Before and after the tests the following operating characteristics or setting shall be recorded or evaluated if applicable:

- a) closing time;
- b) opening time;
- c) time spread between units of one pole;
- d) not applicable;
- e) recharging time of the operating device;
- f) consumption of the control circuit;

- g) consumption of the tripping device, possible recording of the current of releases;
- h) duration of opening and closing command impulse;
- i) tightness;
- j) gas densities or pressures;
- k) resistance of the main circuit;
- l) other important characteristics or settings as specified by the manufacturer.

And, if the design of the circuit-breaker permits, such measurements as:

- m) time-travel chart;
- n) closing speed;
- o) opening speed.

The above operating characteristics shall be recorded at:

- rated supply voltage and rated operating pressure;
- maximum supply voltage and maximum operating pressure;
- minimum supply voltage and minimum operating pressure;
- minimum supply voltage and maximum operating pressure.

7.7.1.3 Condition of the circuit-breaker during and after the tests [6.101.1.4]

During and after the tests, the circuit-breaker shall be in such a condition that it is capable of operating normally, carrying its rated normal current, making and breaking its rated short-circuit current and withstanding the voltage values according to its rated insulation level.

In general, these requirements are deemed to be fulfilled if:

- during the tests, the circuit-breaker operates on command and does not operate without command;
- during and after the tests, the characteristics measured according to 7.7.1.2 are within the tolerances given by the manufacturer;
- during and after the tests, all parts, including contacts, do not show undue wear;
- after the test, coated contacts are such that a layer of coating material remains at the contact area. If this is not the case the contacts shall be regarded as bare and the test requirements are fulfilled only if the temperature-rise of the contacts during temperature-rise test (according to 7.4) does not exceed the value permitted for bare contacts;
- during and after the tests, any distortion of mechanical parts is not such that it adversely affects the operation of the circuit-breaker or prevents the proper fitting of any replacement part;
- after the tests the insulating properties of the circuit-breaker in the open position shall be in essentially the same condition as before the tests. Visual inspection of the circuit-breaker after the tests is usually sufficient for verification of the insulating properties. In case of doubt, the conditions checking test according to 6.2.11 of IEC 62271-1 is deemed sufficient to prove the insulating properties. For circuit-breakers with sealed-for-life interrupters the condition check is mandatory.

7.7.1.4 Condition of auxiliary and control equipment during and after the tests [6.101.1.5]

During and after the tests, the following conditions for the auxiliary and control equipment shall be fulfilled:

- during the tests, care should be taken to prevent undue heating;
- during the tests, a set of contacts (both make and break auxiliary contacts) shall be arranged to switch the current of the circuits to be controlled (see 6.4);

- during and after the tests, the auxiliary and control equipment shall fulfil its functions;
- during and after the tests, capability of the auxiliary circuits of the auxiliary switches and of the control equipment shall not be impaired. In case of doubt, the tests according to 6.2.10 of IEC 62271-1 shall be performed;
- during and after the tests, the contact resistance of the auxiliary switches shall not be affected adversely. The temperature rise when carrying the rated current shall not exceed the specified values (see Table 3 of IEC 62271-1).

7.7.2 Mechanical operation test at ambient air temperature [6.101.2]

7.7.2.1 General [6.101.2.1]

The mechanical operation test shall be made at the ambient air temperature of the test location. The ambient air temperature should be recorded in the test report. Auxiliary equipment forming part of the operating devices shall be included.

The mechanical operation test consists of 5 000 operating cycles.

Except for circuit-breakers fitted with over-current releases, the test shall be made without voltage on or current in the main circuit.

For circuit-breakers fitted with over-current releases, approximately 10 % of the operating cycles shall be performed with the opening device energized by the current in the main circuit. The current shall be the minimum current necessary to operate the over-current release. For these tests, the current through over-current releases may be supplied by a suitable low-voltage source.

During the test, lubrication is allowed in accordance with the manufacturer's instructions, but no mechanical adjustment or other kind of maintenance is allowed.

The tested circuit-breaker shall be considered successfully tested if it retains its electrical and mechanical characteristics after the test.

7.7.2.2 Condition of the circuit-breaker before the test [6.101.2.2]

The circuit-breaker for the test shall be mounted on its own support and its operating mechanism shall be operated in the specified manner. It shall be tested according to its type as follows:

A two-pole circuit-breaker actuated by a single operating device and/or with all poles mounted on a common frame shall be tested as a complete unit.

A two-pole circuit-breaker in which each pole is actuated by a separate operating device may be tested regarding each pole as a separate circuit-breaker in respect of:

- closing speed;
- opening speed;
- power and strength of closing and opening mechanism;
- rigidity of structure.

7.7.2.3 Description of test [6.101.2.3]

The circuit-breaker shall be tested in accordance with Table 7.

Table 7 – Mechanical operation test at ambient temperature

Operating sequence	Control voltage and operating pressure	Number of operating sequences for circuit-breakers	
		autoreclosing	non-autoreclosing
C - t_a - O - t_a	minimum	1 250	1 250
	rated	1 250	1 250
	maximum	1 250	1 250
O - t - CO - t_a - C - t_a	rated	625	-
CO - t_a	rated	-	1 250

where:

O is the opening;

C is the closing;

CO is a closing operation followed immediately (i.e. without any intentional delay) by an opening operation;

t_a is the time between two operations which is necessary to restore the initial conditions and/or to prevent undue heating of parts of the circuit-breaker (this time can differ according the type of operation);

t = 0,3 s for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing, if not otherwise specified.

7.7.3 Low and high temperature tests [6.101.3]

7.7.3.1 General [6.101.3.1]

The low and high temperature tests shall be made only upon agreement between manufacturer and purchaser. The two tests need not be performed in succession, and the order in which they are made is arbitrary. For class -5 °C indoor circuit-breakers, no low temperature test is required.

For single-pole or two-pole circuit-breakers with independent poles, testing of one complete pole shall be made.

Owing to limitations of the test facilities, multi-enclosure type circuit-breakers may be tested using one or more of the following alternatives provided that the circuit-breaker in its testing arrangement is not in a more favourable condition than normal condition for mechanical operation (see 7.7.2.2):

- a) reduced length of phase-to-earth insulation;
- b) reduced pole spacing;
- c) reduced number of modules.

If heat sources are required they shall be in operation.

Liquid or gas supplies for circuit-breaker operation are to be at the test air temperature unless the circuit-breaker design requires a heat source for these supplies.

No maintenance, replacement of parts, lubrication or readjustment of the circuit-breaker is permissible during the tests.

NOTE In order to determine the material temperature characteristics, ageing, etc., tests of longer duration than those specified in the following clauses may be necessary.

As an alternative approach to the methods in this standard, a manufacturer may establish compliance with performance requirements for an established circuit-breaker family by documenting satisfactory circuit-breaker field experience in at least one location with ambient air temperatures frequently at or above the specified maximum ambient air temperature of 40 °C, and at least one location with satisfactory field experience in specified minimum ambient air temperature of –25 °C or –40 °C depending on the class of the circuit-breaker (see Clause 2 of IEC 62271-1).

7.7.3.2 Measurement of ambient air temperature [6.101.3.2]

The ambient air temperature of the test environment shall be measured at half the height of the circuit-breaker and at a distance of 1 m from the circuit-breaker.

The maximum temperature deviation over the height of the circuit-breaker shall not exceed 5 K.

7.7.3.3 Low temperature test [6.101.3.3]

The diagram of the test sequences and identification of the application points of the tests specified are given in Figure 17a of IEC 62271-100.

If the low temperature test is performed immediately after the high temperature test, the low temperature test can proceed after completion of item j) of the high temperature test. In this case item a) and b) are omitted.

- a) The test circuit-breaker shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instruction.
- b) Characteristics and settings of the circuit-breaker shall be recorded in accordance with 7.7.1.2 and at an ambient air temperature of (20 ± 5) °C (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed according to 6.8 of IEC 62271-1.
- c) With the circuit-breaker in the closed position, the air temperature shall be decreased to the appropriate minimum ambient air temperature (T_L), according to the class of the circuit-breaker. Values of T_L may be –25 °C, or –40 °C, as appropriate. The circuit-breaker shall be kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_L .
- d) During the 24 h period with the circuit-breaker in the closed position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see 6.8 of IEC 62271-1).
- e) After 24 h at temperature T_L , the circuit-breaker shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure. The opening time and closing time shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.
- f) The low temperature behaviour of the circuit-breaker and its alarms and lock-out systems shall be verified by disconnecting the supply of heating devices for a duration t_x . During this interval, occurrence of the alarm is acceptable but lock-out is not. At the end of the interval t_x , an opening order, at rated values of supply voltage and operating pressure, shall be given. The circuit-breaker shall then open. The opening time shall be recorded (and the contact velocity measured, if feasible) to allow assessment of the interrupting capability. The manufacturer shall state the value of t_x up to which the circuit-breaker is still operable without auxiliary power to the heaters. In the absence of such statement, this value shall be equal to 2 h.
- g) The circuit-breaker shall be left in the open position for 24 h.
- h) During the 24 h period with the circuit-breaker in the open position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the

ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see 6.8 of IEC 62271-1).

- i) At the end of 24 h, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the circuit-breaker at temperature T_L . At least a 3 min interval shall be allowed for each cycle or sequence. The first closing and opening operation shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible. Following the first closing operation (C) and the first opening operation (O) three CO operating cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing C - t_a - O - t_a operating sequences (t_a is defined in 7.7.2.3).
- j) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be increased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour. During the temperature transition period the circuit-breaker shall be subjected to alternate C - t_a - O - t_a - C and O - t_a - C - t_a - O operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences should be made at 30 min intervals so that the circuit-breaker will be in open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.
- k) After the circuit-breaker has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the circuit-breaker settings, operating characteristics and tightness as in items a) and b) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete low temperature test sequence from item b) to item k) shall not be such that lock-out pressure is reached without gas replacement (whereas reaching alarm pressure is allowed).

7.7.3.4 High temperature test [6.101.3.4]

The diagram of the test sequence and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 17b of IEC 62271-100.

If the high temperature test is performed immediately after the low temperature test, the high temperature test can proceed after completion of item k) above of 7.7.3.3. In this case, items a) and b) below are omitted.

- a) The test circuit-breaker shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- b) Characteristics and settings of the circuit-breaker shall be recorded in accordance with 7.7.1.2 and at an ambient air temperature of $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed according to 6.8 of IEC 62271-1.
- c) With the circuit-breaker closed, the air temperature shall be increased to 40°C , and the circuit-breaker kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at 40°C .

NOTE If the influence of solar radiation is to be considered, it is necessary to simulate the natural conditions of the radiation, e.g. the intensity and direction of the radiation. See IEC 60068-2-5. Attention is drawn to the fact that an increase in ambient temperature of the test room does not simulate this radiation effect.

- d) During the 24 h period with the circuit-breaker in the closed position at the temperature of 40°C , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see 6.8 of IEC 62271-1).
- e) After 24 h at the temperature of 40°C , the circuit-breaker shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure. The opening time and the closing time shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.
- f) The breaker shall be opened and left open for 24 h at the temperature of 40°C .

- g) During the 24 h period with the circuit-breaker in the open position at the temperature of 40 °C, a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the circuit-breaker is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed three times the specified permissible value F_p (see 6.8 of IEC 62271-1).
- h) At the end of 24 h, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the circuit-breaker at the temperature of 40 °C. At least a 3 min interval shall be allowed for each cycle or sequence. The first closing and opening operation shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. Contact velocity should be recorded if feasible.
- Following the first closing operation (C) and the first opening operation (O) three CO operation cycles (no intentional time delay) shall be performed. The additional operations shall be made by performing C - t_a - O - t_a operating sequences (t_a is defined in 7.7.2.3).
- i) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be decreased to ambient air temperature T_A , at the rate of change of approximately 10 K per hour.
- During the temperature transition period, the circuit-breaker shall be subjected to alternate C - t_a - O - t_a - C and O - t_a - C - t_a - O operating sequences at rated values of supply voltage and operating pressure. The alternate operating sequences should be made at 30 min intervals so that the circuit-breaker will be in the open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.
- j) After the circuit-breaker has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the circuit-breaker settings, operating characteristics and tightness as in items a) and b) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete high temperature test sequence from item b) to item j) shall not be such that lock-out pressure is reached without gas-replenishment (whereas reaching alarm pressure is allowed).

7.7.4 Humidity test [6.101.4]

7.7.4.1 General [6.101.4.1]

The humidity test shall be performed by agreement between manufacturer and purchaser and is limited to circuit-breaker components which may be affected by humidity.

The test procedure described in 7.7.4.2 is applicable to components with a thermal time constant of about 10 min.

NOTE The test for components having higher thermal time constant is under consideration.

7.7.4.2 Test procedure [6.101.4.2]

The circuit-breaker components shall be arranged in a test chamber containing circulating air and in which the temperature and humidity conditions are as follows:

- the temperature of the room undergoes cyclic variations from (25 ± 3) °C to (40 ± 2) °C according to Figure 18 of IEC 62271-100;
- the relative humidity within the room is constantly above 95 % while the temperature is raised and during the period when the temperature is held at 40 °C.

NOTE 1 In order to obtain these conditions, steam should be injected directly into the room or heated water should be atomized; the rise from 25 °C to 40 °C may be obtained with the provision of heat coming from the steam or atomized water or, if necessary, by additional heaters.

No value of relative humidity is specified during the drop in temperature, however, the humidity shall be above 80 % during the period when the temperature is maintained at 25 °C.

The air shall be circulated in order to obtain uniform distribution of the humidity in the room.

The water used to create the humidity shall be such that the water collected in the room has a resistivity equal to or greater than 100 Ωm and contains neither salt (NaCl) nor corrosive element.

NOTE 2 If the facilities of the test chamber permit, the times t_1 and t_3 may be reduced, but then the times t_2 and t_4 should be increased so that $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ remains constant.

The number of cycles shall be 350.

After the test, the operating characteristics of the circuit-breaker components shall not be affected. The auxiliary and control circuits shall withstand a power frequency voltage of 1,5 kV for 60 s. The degree of corrosion, if any, should be indicated in the test report.

7.7.5 Test to prove the operation under severe ice conditions [6.101.5]

The test under severe ice conditions is applicable only to outdoor circuit-breakers having moving external parts and for which a class of 10 mm or 20 mm of ice thickness is specified. The test shall be performed under the conditions described in IEC 62271-102.

7.7.6 Guide for static terminal load test [6.101.6]

7.7.6.1 General [6.101.6.1]

The static terminal load test is applicable only to outdoor circuit-breakers having rated voltages of 52 kV and above.

If required for circuit-breakers below 52 kV the static terminal load test is made upon agreement between manufacturer and purchaser, and is performed to demonstrate that the circuit-breaker operates correctly when loaded by stresses resulting from ice, wind and connected conductors.

Ice coating and wind pressure on the circuit-breaker shall be in accordance with 2.1.2 of IEC 62271-1.

Some examples of forces due to flexible and tubular connected conductors are given as guide in Table 14 of IEC 62271-100.

The tensile force due to the connected conductors is assumed to act at the outermost end of the circuit-breaker terminal.

For simultaneous action of ice, wind and connected conductors, the resultant terminal loads, F_{shA} , F_{shB} and F_{sv} respectively (see Figure 19 of IEC 62271-100) are defined as rated static terminal loads.

If the manufacturer by calculation can prove that the circuit-breaker can withstand the stresses, tests need not be performed.

7.7.6.2 Tests [6.101.6.2]

The tests shall be made at the ambient air temperature of the test room.

The tests shall be made on the complete pole of the circuit-breaker.

Tests shall be made separately, firstly with a horizontal force, F_{shA} , applied in longitudinal axis of the terminal (direction A in Figure 20 of IEC 62271-100), secondly with a horizontal force, F_{shB} , applied in two directions successively at 90° from the longitudinal axis of the terminals (directions B1 and B2 in Figure 20) and thirdly, with a vertical force, F_{sv} , applied in two directions successively (directions C1 and C2 in Figure 20). To avoid the need to apply a special force representing the force of wind acting at the circuit-breaker's centre of application

of pressure, this load may be applied at the terminal (see Figure 19 of IEC 62271-100) and reduced in magnitude in proportion to the longer lever arm (the bending moment at the lowest part of the circuit-breaker should be same).

Two operating cycles shall be performed for each of the specified five load tests.

7.8 Miscellaneous provisions for making and breaking tests [6.102]

7.8.1 General [6.102.1]

A single-pole circuit-breaker shall make and break single-phase short-circuit currents, symmetrical and asymmetrical, between 10 % (or such lower currents as specified in 7.13.2 if 7.13.1 is applicable) and 100 % of the rated short-circuit breaking current at rated voltage (U_{Ne}).

For a two-pole circuit-breaker, all short-circuit making and breaking requirements shall be proved with a two-pole circuit-breaker with all poles operating together, in case the two poles are in series and/or specified to operate simultaneously.

If the tests are carried out in a laboratory, the applied voltage, current, transient and power frequency recovery voltages shall be obtained from a single power source (direct tests). In extreme cases, unlikely to occur in circuit-breakers for traction, the same can be obtained from several sources where all of the current, or a major portion of it, is obtained from one source, and the transient recovery voltage is obtained wholly or in part from one or more separate sources (synthetic tests).

Because of the characteristics of the circuit-breakers for traction, single-pole testing only is likely to apply. In those cases, however, where a two-pole circuit-breaker is intended to operate to make or break simultaneously the single-phase circuit (see the Note of 7.1 above), the two poles are considered as two units in unit testing. For other applications the testing procedures, reflecting as much as possible the operating conditions, shall be agreed between purchaser and supplier.

7.8.2 Particular requirements for single-pole circuit-breaker tests

7.8.2.1 Single-pole testing [6.102.1.1]

According to this method, a single-pole circuit-breaker is tested single-phase applying to the pole the same current and substantially the same power frequency voltage which would be impressed upon the pole during making and breaking under corresponding conditions.

7.8.2.2 Unit testing [6.102.1.2]

Circuit-breakers for use on railway applications are not normally constructed with breaking units connected in series and are therefore tested as a complete pole. Should they be constructed in multiple units, then unit testing is permitted and shall be in accordance with the relevant Clauses of IEC 62271-100.

7.8.3 Arrangement of circuit-breaker for tests [6.102.3]

7.8.3.1 General [6.102.3.1]

The circuit-breaker for the test shall be mounted complete on its own support or on an equivalent support. A circuit-breaker supplied as an integral part of an enclosed unit shall be assembled in its own supporting structure and enclosure complete with any disconnecting features, with vent outlets forming part of the unit and, where practicable, with main connections and busbars. Its operating devices shall be operated in the manner specified and in particular, if it is electrically, pneumatically or hydraulically operated, it shall be operated at the minimum voltage or pressure at commencement of the operating sequence, specified in 5.10, 5.12 and 6.7, unless otherwise specified in the relevant clauses.

It shall be shown that the circuit-breaker will operate satisfactorily under the above conditions at no-load as specified in 7.8.6.

Gas-blast circuit-breakers shall be tested at the minimum pressures of the compressed gas for interruption corresponding to the series of operations to be performed, as specified in 6.11, unless otherwise specified in the relevant clauses.

NOTE Current chopping may be more pronounced at maximum operating pressure and/or maximum gas pressure/density.

The two-pole circuit-breaker shall be tested as follows:

a) Single-enclosure type

A two-pole circuit-breaker having all its arcing contacts supported within a common enclosure shall be tested as a complete two-pole circuit-breaker in single-phase circuits.

The reasons are:

- possibility of flash-over between poles or to earth due to the influence of exhaust gases;
- possible differences in the conditions of the extinguishing medium (pressures, temperatures, pollution levels, etc.);
- possible different stresses on the operating mechanism.

b) Multi-enclosure type

A two-pole circuit-breaker consisting of two independent single-pole switching devices can be tested single-phase according to 7.8.2.1.

7.8.3.2 Circuit-breakers with over-current releases [6.102.3.4]

Circuit-breakers fitted with direct over-current releases shall, subject to the provisions of 7.9.4, be arranged for test-duties T10 to T100a (7.12) as specified below and the over-current release coils shall be connected to the live side of the test circuit:

With the coil of the maximum rated operating current set to operate at the maximum current and maximum time-delay for test-duties T10, T30, T60 and T100s, and at the minimum current and minimum time-delay for test-duty T100a.

NOTE When the above time-delay is too great for convenient oscillographic recording it shall be permissible to use a smaller time-delay setting or to render the time delay device inoperative for test-duties T10 and T30 only.

7.8.4 General considerations concerning test methods [6.102.4]

Subclause 6.102.4 of IEC 62271-100 applies except of 6.102.4.1.

7.8.5 Synthetic tests [6.102.5]

Synthetic tests are unlikely to be necessary for circuit-breakers in railway applications. Should it occur reference shall be made to 6.102.5 of IEC 62271-100.

7.8.6 No-load operations before tests [6.102.6]

Before commencing making and breaking tests, no-load operations shall be made and details of the operating characteristics of the circuit-breaker, such as speed of travel, closing time and opening time, shall be recorded.

For a circuit-breaker fitted with a making current release, it shall be shown that this does not operate on no-load.

For electrically operated circuit-breakers, operations shall be made with the closing solenoid energized at 105 %, 100 % and 85 % of the rated supply voltage of the closing device and with the shunt opening release energized at 110 %, 100 % and 85 % in the case of a.c., and 110 %, 100 % and 70 % in the case of d.c. of the rated supply voltage.

For pneumatic or hydraulic operating devices, the operations shall be made under the following conditions with reference to the minimum, rated and maximum pressure specified in 6.5 and 6.6:

- a) minimum pressure with the shunt opening releases energized at 85 % in case of a.c., 70 % in case of d.c. and with the shunt closing releases energized at 85 % of the rated supply voltage,
- b) rated pressure with the shunt releases energized at the rated supply voltage,
- c) maximum pressure with the shunt releases energized at 110 % of the rated supply voltage,
- d) maximum pressure with the shunt opening releases energized at 85 % in case of a.c., 70 % in case of d.c. and with the shunt closing releases energized at 85 % of the rated supply voltage.

For spring-operated circuit-breakers, operations shall be made with the shunt closing releases energized at 110 %, 100 % and 85 % of the rated supply voltage and with the shunt opening releases energized at 110 %, 100 % and 85 % in case of a.c., and 110 %, 100 % and 70 % in case of d.c. of the rated supply voltage.

7.8.7 Alternative closing mechanisms [6.102.7]

If the circuit-breaker is designed for use with alternative closing mechanisms, a separate series of short-circuit test-duties shall be made for each type of mechanism, unless it can be shown that the change of the mechanism does not affect the performance of the common portion, particularly with regard to the opening characteristics of the circuit-breaker.

If this can be satisfactorily shown, only a single complete series of short-duties is required using one of the alternative mechanisms, but any short-circuit test-duty which includes making operations (see 7.12.5) shall be repeated with all other alternative mechanisms.

7.8.8 Behaviour of circuit-breaker during tests [6.102.8]

During making and breaking tests, the circuit-breaker shall neither show signs of excessive distress nor endanger the operator. From oil circuit-breakers, there shall be no outward emission of flame, and the gases produced, together with the oil carried with the gases, shall be conducted from the circuit-breaker and directed away from all live conductors and locations where persons may be present.

For other types of circuit-breakers, if there is appreciable emission of flame or metallic particles, it may be required that the short-circuit tests shall be made with metallic screens placed in the vicinity of the live parts and separated from them by a safety clearance distance which the manufacturer shall specify.

The screens shall be insulated from earth but connected thereto by a suitable device to indicate any significant leakage current to earth.

There shall be no indication of significant leakage currents to the circuit-breaker earthed structure, or screens when fitted, during the tests. In case of doubt, the earthed parts, etc., should be connected to earth through a fuse consisting of a copper wire of 0,1 mm diameter and 50 mm length. No significant leakage is assumed to have occurred if this fuse wire is intact after the test.

In certain circumstances, it may be necessary to maintain a permanent electrical connection between the frame of the circuit-breaker and earth. In such cases it is permissible to earth the frame through the primary winding of a suitable transformer having a 1:1 ratio, with the fuse connected across the secondary winding of the transformer and with the secondary terminals protected by a spark gap.

Overvoltages produced during line-charging, cable-charging, capacitor bank and small inductive current breaking tests shall not exceed the maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer (see 5.19 to 5.22 and 5.24). External flashover shall not occur.

7.8.9 Condition of circuit-breaker after tests [6.102.9]

7.8.9.1 General [6.102.9.1]

The circuit-breaker may be inspected after any test-duty. Its mechanical parts and insulators shall be in practically the same condition as before the test-duty. Visual inspection is usually sufficient for verification of the insulating properties. In case of doubt, the condition checking test according to 6.2.11 of IEC 62271-1 is deemed sufficient to prove the insulating properties. For circuit-breakers with sealed-for-life interrupters and when the dismantling affects the inspection result, as may be the case for certain GIS breakers, the condition checking test is mandatory.

7.8.9.2 Condition after a short-circuit test-duty [6.102.9.2]

After each short-circuit test-duty, the circuit-breaker shall be capable of making and breaking its rated normal current at the rated voltage, although its short-circuit making and breaking performance may be impaired.

The main contacts shall be in such a condition, in particular with regard to burning, contact area, pressure and freedom of movement, that they are capable of carrying the rated normal current of the circuit-breaker without their temperature rise exceeding by more than 10 K the values specified for them in Table 3 of IEC 62271-1. In case of doubt, it may be necessary to perform an additional temperature rise test.

Experience shows that an increase of the voltage drop across the circuit-breaker cannot alone be considered as reliable evidence of an increase in temperature rise.

Contacts shall be considered as "silver-faced" only if there is still a layer of silver at the contact points after any of the short-circuit test-duties; otherwise they shall be treated as "not silver-faced" (see item 6 of 4.4.3 of IEC 62271-1).

7.8.9.3 Condition after a short-circuit test series [6.102.9.3]

In order to check the operation of the circuit-breaker after test, no-load closing and opening operations shall be made at the completion of the entire series of short-circuit tests. These shall be compared with the corresponding operations made in accordance with 7.8.6 and shall show no significant change. The circuit-breaker shall close and latch satisfactorily.

After the completion of the entire series of short-circuit test duties, local burning of the lining of oil circuit-breaker enclosures may be expected, and provided this does not render the lining incapable of performing its function, such damage is permissible. This does not apply to linings, tubes, barriers, etc., which form part of the main insulation of the circuit-breaker.

Slight distortion of non-metallic interphase barriers and tank linings may be permitted on oil circuit-breakers, provided such distortion does not interfere with the normal opening and closing of the circuit-breaker.

If, for reasons other than the behaviour of the tested circuit-breaker, it becomes necessary to perform a greater number of short-circuit test-duties than are required by this standard, and if the enclosure lining is so damaged that the manufacturer considers it desirable to change it before completing the entire series of test-duties, a statement of changes and necessary explanation shall be included in the test report.

Damage to main insulation (i.e. that which is subject to electrical stress under normal operating conditions with the circuit-breaker either open or closed) such that the insulation of the circuit-breaker is impaired shall disqualify the circuit-breaker. Damage to shields fitted for bushing or arc control devices shall not invalidate the performance provided the shields remain substantially intact and are capable of continuing to perform their function. Damage to surfaces of insulation along which creepage may occur under normal voltage, either to earth, between poles or across the break, invalidates the performance.

No criterion of oil deterioration can be given, as this will depend upon the particular circuit-breaker tested.

7.8.9.4 Condition after a test series other than a short-circuit test series [6.102.9.4]

The circuit-breaker shall, after performing the line-charging, cable-charging, capacitor bank and small inductive current breaking test series specified in 6.111.9.1 and 6.112 of IEC 62271-100, before reconditioning, be capable of operating satisfactorily at any making and breaking current up to its rated short-circuit making and breaking current.

In addition the circuit-breaker shall be capable of carrying its rated normal current with a temperature rise not in excess of the temperature rise permitted by Table 3 of IEC 62271-1.

There shall be no evidence of internal puncture, flashover or tracking of insulating materials, except that moderate wear of the parts of arc control devices exposed to the arc is permissible.

NOTE Verification of compliance with the above requirements is necessary only in case of doubt.

7.8.9.5 Reconditioning after a short-circuit test-duty and other test series [6.102.9.5]

It is understood that after performing a short-circuit test-duty or other test series it may be necessary to carry out maintenance work on the circuit-breaker in order to restore it to the original conditions specified by the manufacturer. For example, the following may be necessary:

- a) repair or replacement of arcing contacts and any other renewable parts recommended by the manufacturer;
- b) renewal or filtration of the oil, or of any other extinguishing medium, and the addition of any quantity of the medium necessary to restore its normal level or density;
- c) removal of deposit caused by the decomposition of the extinguishing medium from internal insulation.

7.8.10 Circuit-breaker with short arcing times

It is recognized that, when breaking tests are made on circuit-breakers having short arcing times, there may be great variation in actual severity of tests with the same circuit setting due to the point on the current wave at which contact separation occurs. For this reason, the testing procedure for circuit-breakers with arcing times (to the extinction of the main arc for circuit-breakers with switching resistors) not exceeding one cycle is given below under item b).

The tests under item a), 2) consist of three valid operations independent of the rated operating sequence. After the number of operations provided for in accordance with the rated operating sequence the circuit-breaker may be reconditioned in accordance with 7.8.9.5.

NOTE 1 The same test procedure may be applied also for circuit-breakers having longer arcing times than one cycle.

a) Three-phase tests

Not applicable

b) Single-phase tests

1) Test-duties T10, T30, T60, T100s(a) and T100s(b) (7.12.1 to 7.12.4).

The first valid breaking operation shall demonstrate the first possible clearance after contact separation. This is obtained when an extra delay in the separation of the contacts with respect to a zero passage of the current causes the breaking to occur at the next zero passage of the current.

NOTE 2 The resultant arcing time has been termed the minimum arcing time.

For the second breaking operation, the setting of the control of the tripping impulse shall be approximately 60 electrical degrees earlier than that of the first valid breaking operation. The resultant clearance should occur at the same current zero as the first valid breaking operation.

The control of the tripping impulse for the third breaking operation shall be earlier than that of the second breaking operation by further (90 electrical degrees – dt) where dt is less than 18 electrical degrees.

2) Test-duties T10, T30, T60, T100s(a) and T100s(b) (7.12.1 to 7.12.4).

The first valid breaking operation shall demonstrate the first possible clearance after contact separation. This is obtained when an extra delay in the separation of the contacts with respect to a zero passage of the current causes the breaking to occur at the next zero passage of the current.

NOTE 3 The resultant arcing time has been termed the minimum arcing time.

For the second breaking operation, the setting of the control of the tripping impulse shall be earlier than that of the first valid breaking operation (180 electrical degrees – dt) where dt is less than 18 electrical degrees.

For the third breaking operation, the setting of the control of the tripping operation shall be 90 electrical degrees earlier than that of the first valid breaking operation.

The sequence of performing the three valid operations is not specified.

Both conditions 1) and 2) may be demonstrated by combining the above in one test series.

The transient and the power frequency recovery voltages to be used shall be those applicable to the traction systems.

3) Test-duty T100a (7.12.5)

A first valid operation shall be established in such a way that arc extinction occurs at the end of the major loop. Contact separation shall occur in or even before the preceding minor loop.

It may be necessary to make more than one test to achieve this valid test.

Relative to this moment of contact separation a second breaking operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse advanced by approximately 60 electrical degrees. This second operation is valid only if arc extinction occurs after the minor loop. If arc extinction does not occur at the minor loop, then the first operation is invalid.

A third operation shall be made with the setting of the control of the tripping impulse retarded by approximately 60 electrical degrees with respect to the first valid operation.

4) Out-of-phase test duties

Subclause 6.102.9 of IEC 62271-100 applies.

7.9 Test circuit for short circuit making and breaking tests [6.103]

7.9.1 Power factor [6.103.1]

The power factor shall be determined in accordance with one of the methods described in Annex D of IEC 62271-100.

During the tests, the power factor value shall not exceed 0,15.

7.9.2 Frequency [6.103.2]

Circuit-breakers shall be tested at rated frequency with a tolerance of $\pm 10\%$.

Circuit-breakers rated at 16,7 Hz are tested at this frequency. However some test evidence on the same circuit-breaker tested at 50 Hz is acceptable, taking into account the type of circuit-breaker and the type of test performed. Such evidence shall be in agreement between the purchaser and the supplier.

7.9.3 Earthing of test circuit for single phase tests of a single-pole circuit-breaker [6.103.3]

The connections to earth of the test circuit for short-circuit making and breaking tests shall be in accordance with the following requirements and shall in all cases be indicated in the diagram of the test circuit included in the report (see Annex C of IEC 62271-100, 2.4, item g).

The test circuit and the circuit-breaker structure shall be connected as in Figure 25a of IEC 62271-100 so that the voltage conditions between live parts and the structure after arc extinction are the same as those which would exist in the circuit.

For convenience of the test station, subject to agreement of the purchaser, the test circuit can be used with an intermediate point of the supply earthed, the voltage distribution preferably being as shown in Figure 25b of IEC 62271-100.

7.9.4 Connection of test circuit to circuit-breaker [6.103.4]

Where the physical arrangement of one side of the circuit-breaker differs from that of the other side, the live side of the test circuit shall be connected for test to that side of circuit-breaker, whose connection gives the more severe conditions with respect to voltage to earth, unless the circuit-breaker is especially designed for feeding from one side only.

In case of doubt, the test-duties T10 and T30 (7.12) shall be made with opposite connections, and likewise test-duties T100s and T100a. If test-duty T100a is omitted, test-duty T100s shall be made with each of the connections.

7.10 Short-circuit test quantities [6.104]

7.10.1 Applied voltage before short-circuit making tests [6.104.1]

For the short-circuit making tests of 7.10.6 the applied voltage shall be as follows:

Items a) and b) of subclause 6.104.1 of IEC 62271-100 are not applicable.

- c) For single-phase tests the applied voltage shall not be less than the larger value between the rated voltage U_{Ne} and the voltage value U_{max1} as given by IEC 60850.

The applied voltage shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

NOTE The value of U_{Ne} takes into account special circuit arrangements where the voltage of the circuit to be interrupted exceeds the maximum voltage of the system (see Note 3 of Table 1).

7.10.2 Short-circuit making current [6.104.2]

The ability of the circuit-breaker to make the rated short-circuit making current is proven in test-duty T100s (see 7.12.5).

The circuit-breaker shall be able to make the current with pre-strike of the arc occurring at any point on the voltage wave. Two extreme cases are specified as follows (see Figure 1 of IEC 62271-100).

- Making the peak of the voltage wave, leading to a symmetrical short-circuit current and the longest pre-striking arc.
- Closing at the zero of the voltage wave, without pre-striking, leading to a fully asymmetrical short-circuit current.

The test procedure as outlined below aims to demonstrate the ability of the circuit-breaker to fulfil the following two requirements:

- a) the circuit-breaker can close against a symmetrical current as a result of pre-arcing commencing at a peak of the applied voltage. This current shall be the rated short-circuit breaking current (see 5.13);
- b) the circuit-breaker can close against a fully asymmetrical short circuit current. This current shall be the rated short-circuit making current (see 5.16).

A standard circuit-breaker shall be able to operate at voltages below its rated voltage (see 5.13 a) at which it may actually make with a fully symmetrical current. The lower limit of voltage, if any, shall be stated by the manufacturer. Test voltages lower than this voltage limit shall not be used without the consent of the manufacturer.

NOTE 1 If the d.c. component does not exceed 20 %, the short-circuit current is considered to be symmetrical.

NOTE 2 For circuit-breakers having a pre-arcing time exceeding 10 ms, more than two making operations may be necessary to meet the most onerous condition.

Test procedure

For single-phase tests, test-duty T100s or T100s(a) shall be carried out in such a way that the requirement outlined in item a) above is met in one closing operation and that of item b) in the other closing operation.

The sequence of these operations is not specified. If during test-duty T100s or T100s(a) one of the requirements outlined in items a) and b) has not been adequately demonstrated, an additional CO operation is necessary. It may be made with a reconditioned circuit-breaker.

The additional CO operation shall, depending on the results obtained during the normal test-duty T100s or T100s(a), demonstrate either:

- requirement in item a) or b) above, or
- evidence that the short-circuit making currents attained are representative of the conditions to be met in service due to the pre-arcing characteristics of the circuit-breaker.

If during the normal test-duty T100s or T100s(a) the rated short circuit making current has not been attained due to the characteristics of the circuit-breaker, the additional CO test may be made at a lower applied voltage.

If during the normal test-duty T100s or T100s(a) the rated short circuit making current has been obtained, as required in item a) above, the additional CO test may be made at an applied voltage within the margins stated in 7.10.1.

7.10.3 Short-circuit breaking current [6.104.3]

The short-circuit current broken by a circuit-breaker shall be measured at the instant of contact separation in accordance with Figure 8 of IEC 62271-100 and shall be stated in terms of two values as specified below:

- a) the r.m.s. values of the a.c. component;
- b) the percentage value of the maximum d.c. component.

Although the short-circuit breaking current is measured at the instant corresponding to contact separation, the breaking performance of the circuit-breaker is determined among other factors by the current which is finally broken in the last loop of arcing. The decrement of the a.c. component of the short-circuit current is therefore very important, particularly when testing those circuit-breakers which arc for several loops of current. To obviate an easement of duty, the decrement of the a.c. component of the short-circuit current should be such that at time corresponding to the final extinction of the main arc, the a.c. component of the prospective current is not less than 90 % of the appropriate value for test-duty.

If the characteristics of the circuit-breaker are such that it reduces the short-circuit current value below the prospective breaking current, the prospective short-circuit breaking current shall be deemed to be the short-circuit breaking current and shall be measured from the oscillogram of prospective current at a the time corresponding to the instant of contact separation.

The instant of contact separation can be determined according to the experience of the testing station and the type of apparatus under test by various methods, for instance, by recording the contact travel during the test, by recording the arc voltage or by a test on the circuit-breaker at no-load.

7.10.4 DC component of short-circuit breaking current [6.104.4]

For circuit-breakers which operate in opening times preventing the control of the d.c. component, e.g. circuit-breakers fitted with direct over-current releases when in a condition for test as set out in 7.8.3, the d.c. component may be greater than that specified for test-duties T10 to T100s of 7.12.

Circuit-breakers shall be considered to have satisfied test-duty T100a, even if the percentage d.c. component in one opening operation is less than the specified value, provided that the average of percentage d.c. component of the opening operations of the test-duty exceeds the specified percentage d.c. component.

7.10.5 Transient recovery voltage (TRV) for terminal fault test [6.104.5]

7.10.5.1 General [6.104.5.1]

The prospective TRV of the test circuits shall be determined by such a method as will produce and measure the TRV-wave without significantly influencing it, and shall be measured at the terminals to which the circuit-breaker will be connected with all necessary test-measuring devices, such as voltage dividers, included.

Suitable methods may be agreed between purchaser and supplier based on 7.10.6 (see also Annex F of IEC 62271-100).

The prospective TRV for the test is represented by its envelope drawn as shown in Annex F of IEC 62271-100 and by its initial portion.

The TRV specified for the test is represented by a reference line and a delay line.

The prospective TRV-wave of the test circuit shall have its envelope at no time below the specified reference line.

NOTE It is stressed that the extent by which the envelope may exceed the specified reference line requires the consent of the manufacturer (see 7.10).

7.10.5.2 Test-duty T100s and T100a [6.104.5.2]

The specified TRV values are given by the standard values in Table 2.

7.10.5.3 Test-duty T60 [6.104.5.3]

The specified standard values are given in Table 8.

Where the purchaser has requirements for higher severities of TRV than those in Table 8, these shall be identified in the purchaser's specification.

Table 8 – Standard values of prospective transient recovery voltage for test-duty T60 – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker

U_n kV	U_{max1} kV	U_{max2} kV	TRV peak values					Rate of rise
			U_c kV	t_3 μs	t_d μs	u' kV	t' μs	U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	38	46	9	13	24	0,83
20	24,0	N/A	41	41	5	14	19	1,00
25	27,5	29	62	57	11	21	30	1,09
25	30,0	N/A	62	51	5	21	22	1,22

N/A not applicable.

with:

$$U_c = 1,5 \times U_{max2} \times \sqrt{2} = 1,5 \times U_{C \text{ Table 2}} / 1,4;$$

1,5 = corrected amplitude factor (IEC 62271-100);

$$u' \approx U_C/3;$$

$$t_d = 0,2 \times t_3 \text{ (of Table 13 of IEC 62271-100);}$$

$$t' = (t_3/3) + t_d.$$

7.10.5.4 Test-duty T30 [6.104.5.4]

The specified standard values are given in Table 9.

Where the purchaser has requirements for higher severities of TRV than those given in Table 9, these shall be identified in the purchaser's specification.

Table 9 – Standard values of prospective transient recovery voltage for test-duty T30 – Representation by two parameters – Single pole circuit-breaker

U_n kV	$U_{\max 1}$ kV	$U_{\max 2}$ kV	TRV peak values		t_d μs	u' kV	t' μs	Rate of rise U_c/t_3 kV/ μs
			U_c kV	t_3 μs				
15	17,25	18	38	23	5	13	13	1,65
20	24,0	N/A	41	41	5	14	19	1,00
25	27,5	29	62	28	6	21	15	2,21
25	30,0	N/A	62	51	5	21	22	1,22

N/A not applicable.

with:

$$U_C = 1,5 \times U_{\max 2} \times \sqrt{2} = 1,5 \times U_{C \text{ Table 2}} / 1,4;$$

1,5 = corrected amplitude factor (IEC 62271-100);

$$u' \approx U_C/3;$$

$$t_d = 0,2 \times t_3 \text{ (of Table 24 of IEC 62271-100);}$$

$$t' = (t_3/3) + t_d.$$

7.10.5.5 Test-duty T10 [6.104.5.5]

The TRV peak value shall correspond to the appropriate value specified for test-duty T30 in Table 9.

NOTE Owing to difficulties of meeting short times t_3 in testing stations at low currents, no values are specified. The shortest time which can be obtained should be used but should not be less than the values given in Table 9.

7.10.6 Measurement of transient recovery voltage [6.104.6]

During a short-circuit test, the circuit-breaker characteristics such as arc voltage, post arc conductivity and presence of switching resistors (if any) will affect the transient recovery voltage.

Thus the test transient recovery voltage will differ from the prospective TRV-wave of the test circuit upon which the performance requirements are based to a degree depending upon the characteristics of the circuit-breaker.

Unless the modifying effect of the circuit-breaker is not significant and the breaking current does not contain a significant d.c. component, records taken during tests should not be used for assessing the prospective transient recovery voltage characteristics of the circuit, and this should be done by other means, as described in Annex F of IEC 62271-100.

It is, however, desirable to record the transient recovery voltage during test for the purpose of providing a check on the test circuit characteristics.

7.10.7 Power frequency recovery voltage [6.104.7]

The power frequency recovery voltage of the test circuit may be stated as a percentage of the power frequency recovery voltage specified below. It shall not be less than 95 % of the specified value and shall be maintained for at least 0,1 s.

In order to obtain the required power frequency recovery voltage in a generator testing station, the testing generator may have its excitation temporarily increased during the short-circuit period.

For the basic short-circuit test duties of 7.12, the power frequency recovery voltage shall be as follows, subject to the 95 % minimum stated above:

For a single-pole circuit-breaker, the power frequency recovery voltage shall be equal to the rated voltage U_{Ne} of the circuit-breaker.

The power frequency recovery voltage shall be measured between terminals of the pole. Its r.m.s. value shall be determined on the oscillogram within the time interval of one half cycle and one cycle of test frequency after final arc extinction, as indicated in Figure 44 of IEC 62271-100.

The vertical distance (V1) between the peak of the second half-wave and the straight line drawn between the respective peaks of the preceding and succeeding half-waves shall be measured, and this, when divided by $2 \times \sqrt{2}$ and multiplied by the appropriate calibration, gives the r.m.s. value of the power frequency recovery voltage recorded.

7.11 Short-circuit test procedure [6.105]

7.11.1 Time interval between tests [6.105.1]

The basic short-circuit tests and, if applicable, short-line fault tests, consist of the series of test-duties specified in 7.12 and 7.14.

The time intervals between individual operations of a test-sequence shall be the time intervals of the rated operation sequence of the circuit-breaker. The operations and time intervals of the test-sequences are derived from the rated operating sequence of the circuit-breaker, which is given in 5.17. subject to the following provision:

If, with the time intervals specified, it is difficult to comply with all test requirements, the time intervals for test shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

Occasionally, it may for other reasons be necessary to exceed the specified time interval, e.g. due to more complicated procedure of synthetic testing, or it maybe found necessary to make minor adjustments to control or measuring equipment or to excite or to synchronize large test-plant generators. In a such cases, provided that the time interval does not exceed 10 min when the rated time interval is 3 min, the tests shall not be disqualified. The actual time interval between operations shall be indicated in the test report.

It is also possible that trouble may be experienced with the testing station equipment and an interval longer than 10 min may be required. Provided that such a delay is not due to faulty operation of the circuit-breaker and has no effect on its condition and operation, the resulting time interval is permissible if it does not occur more than once in any series of test-duties.

On the other hand, the time interval between tests shall not be shorter than 2 min when the rated time interval is 3 min. The actual time interval shall be recorded in this case to the nearest half-minute.

7.11.2 Application of auxiliary power to the opening release – Breaking tests [6.105.2]

Auxiliary power shall whenever practicable be applied to the opening release after the initiation of the short-circuit, but when this is impracticable the power may be applied before the initiation of the short-circuit (with the limitation that contacts shall not start to move before the initiation of the short-circuit). It shall then be demonstrated, or test evidence produced, that the circuit-breaker can open satisfactorily at the specified short-circuit current without being pre-tripped. This evidence may be obtained by tests at a reduced voltage.

7.11.3 Application of auxiliary power to the opening release – Make-break tests [6.105.3]

In a make-break test other than a test to 7.12.5, auxiliary power shall not be applied to the opening release before the circuit-breaker has reached the closed position. In the closing-opening operations of test-duty T100s, 7.12.4, the power shall not be applied until at least one half-cycle has elapsed from the instant of contact make. It is permissible to delay the circuit-breaker opening so that the permissible d.c. component is not exceeded.

7.11.4 Latching on short-circuit [6.105.4]

Unless the circuit-breaker is fitted with a making current release, or equivalent device, it shall be proved that it latches satisfactorily without undue hesitation when there is negligible decrement of the a.c. component of the current during the closing period. If this cannot be proved by test-duty T100s, or the permissible alternatives, the test shall be repeated at reduced voltage using a test circuit which gives the rated short-circuit making current, with negligible decrement of the a.c. component.

It is sometimes difficult to establish whether or not a circuit-breaker has latched and at what instant of time latching occurred. For this reason, it is not possible to specify a test procedure to cover all cases and if necessary, the methods employed to prove satisfactory latching shall be recorded in the test report.

7.11.5 Invalid tests [6.105.5]

It may become necessary to perform a greater number of short-circuit tests than are required by this standard. In the event of an invalid test of a duty cycle the invalid part of the duty cycle may be repeated without reconditioning of the circuit-breaker. In case of failure of the circuit-breaker during such additional tests, the circuit-breaker may be reconditioned and the complete duty cycle repeated.

NOTE In a rapid auto-reclosing duty cycle, the O - t - CO is also regarded as one part and an ensuing CO is regarded as one part.

7.12 Basic short-circuit test-duties [6.106]

7.12.1 General

The basic short-circuit test series shall consist of the test-duties T10 to T100a specified below.

The breaking current may depart from the specified values by not more than 20 % of the specified values for test-duties T10 and T30 and by not more than 10 % for test-duty T60.

The peak short-circuit current during the breaking-current tests of test-duties T100s, T100s(b) and T100a shall not exceed 110 % of the rated short-circuit making current of the circuit-breaker.

For test-duties T10, T30 and T60 the making operation may be omitted before any breaking operation for convenience in testing. The time intervals between the individual operations shall be the time intervals of the rated operating sequence of the circuit-breaker (see 7.11.1).

7.12.2 Test-duty T10 [6.106.1]

Test-duty T10 consists of the rated operating sequence at 10 % of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20 % and a transient and power frequency recovery voltage as specified in 7.10.5.5 and 7.10.7 (see also Table 9).

7.12.3 Test-duty T30 [6.106.2]

Test-duty T30 consists of the rated operating sequence at 30 % of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20 % and a transient and power frequency recovery voltage as specified in 7.10.5.4, Table 9 and 7.10.7.

7.12.4 Test-duty T60 [6.106.3]

Test-duty T60 consists of the rated operating sequence at 60 % of the rated short-circuit breaking current with a d.c. component of less than 20 % and a transient and power frequency recovery voltage as specified in 7.10.5.3, Table 8 and 7.10.7.

7.12.5 Test-duty T100s [6.106.4]

7.12.5.1 General

Test-duty T100s consists of the rated operating sequence at 100 % of the rated short-circuit breaking current taking account of 7.10.3, and with a transient and power frequency recovery voltage as specified in Table 2 and 7.10.7 and 100 % of the rated short-circuit making current taking account of 7.10.2 and an applied voltage as specified in 7.10.1.

For this test-duty, the percentage d.c. component shall not exceed 20 % of the a.c. component.

When the characteristics of the test plant are such that it is impossible to carry out test-duty T100s within the specified limits of applied voltage in 7.10.1, making current in 7.10.2, breaking current in 7.10.3 and transient and power frequency recovery voltages in 7.10.5.2 and 7.10.7, taking account also of 7.11.3 and 7.11.4, the making and breaking tests in test-duty T100s may be made separately as follows.

7.12.5.2 Test-duty T100s(a), making tests [6.106.4.1]

C - t' - C in case of a rated operating sequence O - t - CO - t' - CO;

C - t'' - C in case of a rated operating sequence CO - t'' - CO.

With one closing operation against the rated short-circuit making current and one closing operation against a symmetrical current according to 7.10.2, both at an applied voltage as specified in 7.10.1.

7.12.5.3 Test-duty T100s(b), breaking tests [6.106.4.2]

O - t - O - t' - O in case of a rated operating sequence O - t - CO - t' - CO;

O - t'' - O in case of a rated operating sequence CO - t'' - CO at 100 % of the rated short-circuit breaking current and with a transient and power frequency recovery voltage as specified in 7.10.5.2 and 7.10.7.

However, when test-duty T100s is made as test-duties T100s(a) and T100s(b), either test-duty T100s(a) shall be a full rated operating sequence with breaking current and transient and power frequency recovery voltage as close as possible to the values specified for test-duty T100s, or test-duty T100s(b) shall be a full rated operating sequence with making current and applied voltage as close as possible to the values specified for test-duty T100s.

It is permissible to restore the circuit-breaker to its initial condition as indicated in 7.8.9.5, between test-duties T100s(a) and T100s(b).

If it is possible to prove 100 % of the rated short-circuit making current in a test-duty other than test-duty T100s, for example test-duty T100a, it is permissible to perform test-duty T100s(b) only in place of test-duty T100s.

7.12.6 Test-duty T100a [6.106.5]

Test-duty T100a shall be applied only to circuit-breakers having a time interval τ , determined in accordance with 5.13.3 (4.101.2 of IEC 62271-100), of less than 80 ms.

Test-duty T100a consists of three opening operations at 180 s interval at 100 % of the rated short-circuit breaking current, with a percentage d.c. component equal to the appropriate rated value specified in 5.13, and transient and power frequency recovery voltages as specified in 7.10.5.2 and 7.10.7 (see also 7.10.6).

However, for a circuit-breaker which is of such design that it may not reach its closed position when being closed against a short-circuit current, test-duty T100a shall be made with the rated operating sequence.

For circuit-breakers intended to be used where it can be expected that the percentage of the d.c. component will be greater than that corresponding to Figure 9 of IEC 62271-100, as may occur in the vicinity of power stations, testing shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser (see 8.103.1 of IEC 62271-100).

7.13 Critical current tests [6.107]

7.13.1 Applicability [6.107.1]

These tests are short-circuit tests additional to the basic short-circuit test-duties covered by 7.12 and are applicable only to circuit-breakers which have a critical current of less than 10 % of the rated short-circuit breaking current. It shall be assumed that this is the case if the average of the arcing times in test-duty T10, 7.12.2, is significantly greater than that in test-duty T30, 7.12.3.

7.13.2 Tests current [6.107.2]

Where applicable, critical current tests shall be made at currents in the range of 4 % to 6 % and in the range of 2 % to 3 % of the rated short-circuit breaking current.

NOTE Tests for breaking small inductive currents are covered by 7.16.

7.13.3 Critical current test-duties [6.107.3]

The critical current test-duties shall be as for test-duty T10, 7.12.2, with the breaking currents specified in 7.13.2 and with the TRV provisions for test-duty T10 modified by multiplying time t_3 in 7.10.5.4, Table 9, by the factor $\sqrt{10/X}$ where X is the percentage ratio of the test breaking current over the rated short-circuit breaking current.

NOTE This adjustment is based on test circuit capacitances being the same for test-duty T10 and the critical current test-duties.

7.14 Out-of-phase making and breaking tests [6.110]

The test specified in this clause are required only if a rated out-of-phase breaking current at the system line voltage (either 120° or 180° phase displacement) is specified by the purchaser.

The tests shall comply with the requirements of 7.12 and be performed at the appropriate standard duty cycle with test duties in accordance with Table 29 of IEC 62271-100.

Subclause 6.110 of IEC 62271-100 applies as far as applicable.

7.15 Capacitive current switching tests [6.111]

7.15.1 Applicability [6.111.1]

The tests specified in this Subclause are required only if a rated capacitive current breaking is specified by the purchaser.

7.15.2 General [6.111.2]

The tests shall comply with the requirements given in 5.23.

The testing voltage is $U_{\max 2}$ of IEC 60850. Where no $U_{\max 2}$ value is specified the test shall be performed at $U_{\max 1}$.

The tests shall be made as field tests or laboratory tests. For field tests, actual circuits are used with a supply system on the source side and a line, cable or capacitor bank on the load side.

The results of such tests, however, are only valid for circuit-breakers working in circuits identical to those during the tests. In laboratory tests the lines and cables are partly or fully replaced by artificial circuits with lumped elements of capacitors, reactors or resistors.

Laboratory tests for verification of the rated line or cable-charging breaking current are only valid if the circuit-breaker is restrike-free.

The test circuit frequency shall be according to 7.9.2.

7.15.3 Characteristics of supply circuits [6.111.3]

The tests shall be performed as described in 6.111.3 of IEC 62271-100.

7.15.4 Earthing of the supply circuit [6.111.4]

For single-phase laboratory tests, either terminal of the single-phase supply circuit may be earthed.

7.15.5 Characteristics of the capacitive circuit to be switched [6.111.5]

7.15.5.1 General

The characteristics of the capacitive circuit shall, with all necessary measuring devices such as voltage dividers included, be such that the voltage decay does not exceed 10 % at the end of an interval of 100 ms after final arc extinction. However, in the case of field tests the above requirement does not apply.

NOTE Since the voltage decay may be very much influenced by apparatus such as voltage transformers connected to the capacitive circuit, the measurement should preferably be made with suitable voltage dividers.

7.15.5.2 Line-charging current switching tests [6.111.5.1]

The tests shall be single-phase laboratory tests, where it is allowed to replace partly or fully the real lines by concentrated capacitor banks and to use any parallel connection of the conductors in the individual phases with current return through a conductor.

When capacitors are used to simulate overhead lines a non-inductive resistor of maximum 10 % of the capacitive impedance may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage. If with this resistor connected, the peak inrush current is still unacceptably high, then an alternative impedance (e.g. LR) may be used instead of the resistor provided that the current and voltage conditions at the instant of breaking and the recovery voltage do not differ significantly from the specified values (the characteristics of the alternative impedance are under consideration).

NOTE 1 Tests on circuit-breaker which are not restrike-free should be the subject of agreement between manufacturer and purchaser (see 7.15.2). Suitable test circuits are under consideration.

NOTE 2 A short cable may be used in series with an overhead line for the tests provided the cable-charging current is less than 20 % of the overhead line charging current.

7.15.5.3 Cable-charging current switching tests [6.111.5.2]

Capacitors may be used to simulate screened and belted cables. For three-phase tests representing three-core belted cables the positive sequence capacitance shall be approximately twice the zero sequence capacitance.

When capacitors are used to simulate cables a non-inductive resistor of maximum 10 % of the capacitive impedance may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage.

If, with this resistor connected, the peak inrush current is still unacceptably high, then an alternative impedance (e.g. LR) may be used instead of the resistor provided that the current and voltage conditions at the instant of a breaking and the recovery voltage do not differ significantly from the specified values. (The characteristics of the alternative impedance are under consideration.)

NOTE A short overhead line may be used in series with a cable for the tests provided the line charging current does not exceed 1 % of the cable charging current.

7.15.5.4 Capacitor bank current switching tests [6.111.5.3]

The earthing conditions of the test capacitor shall be the same as for the capacitor when in service.

7.15.6 Wave form of the current [6.111.6]

The wave form of the current to be broken should, as nearly as possible, be sinusoidal. This condition is considered to be complied with if the ratio of the r.m.s. value of the current to the r.m.s. value of the fundamental component does not exceed 1,2.

The current to be broken shall not go through zero more than once per half cycle of power frequency.

7.15.7 Test voltage [6.111.7]

For single-phase laboratory tests, the test voltage measured at the circuit-breaker location immediately before the opening shall, as nearly as possible, be equal to U_{max2} of IEC 60850. Where no U_{max2} value is specified the test shall be performed at U_{max1} .

The power frequency test voltage and the d.c. voltage resulting from the trapped charge on the capacitive circuit shall be maintained for a period of 0,3 s after breaking.

7.15.8 Test duties [6.111.9]

The requirements given in 6.111.9.1 of IEC 62271-100 for single phase tests apply.

7.15.9 Test with specified TRV [6.111.9]

As an alternative to using the test circuits defined in 7.15.3 to 7.15.5, breaking tests may be performed in circuits which fulfil the following requirements for the prospective recovery voltage:

- With the envelope of the prospective test recovery voltage defined by u'_c and t'_2 the following relations shall be fulfilled:

$$u'_c \geq u_c \quad t'_2 \leq t_2$$

- In addition the initial part of the prospective recovery voltage shall remain below the line from the origin to the point defined by u_1 and t_1 .

Specified values of u_1 , t_1 , u_c and t_2 are given in Table 10.

Table 10 – Test values for tests with specified TRV

Test duties	Recovery voltage values of Figure 54 of IEC 62271-100 in relation to the peak value of the test voltage		Time values of Figure 54 of IEC 62271-100		
	u_c	u_1	t_1	t_2 (ms)	
	p.u.	p.u.			16,7 Hz
1 and 2	$\geq 1,98$	$\leq 0,02 \times k_{af}^a$	t_3 of 5.14.4 for terminal fault	8,7 for 50 Hz	b
2	$\geq 1,95$	$\leq 0,05 \times k_{af}^a$		7,3 for 60 Hz	b
a k_{af} = amplitude factor = 1,4 (see Table 2). b under consideration.					

7.15.10 Test results [6.111.11]

The overvoltages to earth shall be measured on supply and capacitive circuit side.

The circuit-breakers shall have successfully passed the tests if the following conditions are fulfilled:

- a) the behaviour of the circuit-breaker during making and breaking the capacitive currents in all prescribed test-duties fulfils the conditions given in 7.8.7;
- b) no restrikes occur during the tests or, where tests on restriking circuit-breakers are made, the maximum measured breaking overvoltages for each test-duty shall not exceed the

maximum permissible switching overvoltages specified by the manufacturer; external flashover shall not occur;

- c) the condition of the circuit-breaker after the test series corresponds to the condition in 7.8.9.4.

8 Routine tests [7]

8.1 General

Clause 7 of IEC 62271-1 is applicable with the following addition:

The routine tests also comprise mechanical operating tests in accordance with 8.5.

Moreover for voltage tests reference shall be made to the values given in IEC 62497-1 and Table 1.

8.2 Power frequency voltage withstand dry on the main circuit [7.1]

Subclause 7.1 of IEC 62271-1 is applicable.

8.3 Voltage withstand tests on control and auxiliary circuits [7.2]

Subclause 7.2 of IEC 62271-1 is applicable.

8.4 Measurement of the resistance of the main circuit [7.3]

Subclause 7.3 of IEC 62271-1 is applicable.

8.5 Mechanical operating tests [7.101]

Mechanical operating tests shall include:

- a) at specified maximum supply voltage and pressure (if applicable):
 - 1) five closing operations,
 - 2) five opening operations.
- b) at specified minimum supply voltage and pressure (if applicable):
 - 1) five closing operations,
 - 2) five opening operations.
- c) at rated supply voltage and pressure (if applicable):
 - 1) five close-open operating cycles with the tripping mechanism energized by the closing of the main contacts,
 - 2) moreover, for circuit-breakers intended for rapid auto-reclosing (see 5.17), five open-close sequences O - t - C where t shall be not more than the time interval specified for the rated operating sequence.

Mechanical operating tests should preferably be made on the complete circuit-breaker. Operating mechanism and control cubicles shall be tested together with the circuit-breaker or with an appropriate dummy load.

Routine tests on the complete circuit-breaker may be made on site.

At all required operating sequences the following shall be performed:

- measurement of operating times;
- measurement of fluid consumption (if applicable).

If the design of the circuit-breaker permits such measurements, the time-travel diagram should be recorded. Mechanically stressed auxiliary equipment shall function correctly during and after the tests.

After completion of the required operating sequences the following tests and inspections shall be performed (if applicable):

- connections shall be checked;
- the control and/or auxiliary switches shall correctly indicate the open and closed positions of the circuit-breaker;
- all auxiliary equipment shall operate correctly at the limits of supply voltages and/or quenching and operating pressures.

Furthermore the following tests and inspections shall be made (if applicable):

- tightness tests;
- measurement of the resistance of heaters (if fitted) and of the control coils;
- inspections of the wiring of the control, heater and auxiliary equipment circuits and checking of the number of auxiliary contacts, in accordance with the order specification;
- inspection of control cubicle (electrical, mechanical, pneumatic and hydraulic systems);
- output capacity measurement for the compressor;
- functional performance of pressure relief valve;
- operation of electrical, mechanical, pneumatic or hydraulic interlocks and signalling devices;
- operation of anti-pumping device;
- general performance of equipment within the required tolerance of the supply voltage;
- inspection of earthing terminals of the circuit-breaker.

For circuit-breakers fitted with over-current releases, the releases shall be set at the minimum calibration mark on the scale of current settings.

It shall be shown that the over-current releases correctly initiate the opening of the circuit-breaker with the current through circuit not exceeding 110 % of the value set on the scale of current settings.

The current through over-current releases may for these tests be supplied from a suitable low-voltage source.

For circuit-breakers fitted with under-voltage opening releases, it shall be shown that the circuit-breaker opens and can be closed when voltages within the specified limits are applied to the releases (see 5.8.4 of IEC 62271-1).

If adjustments are required during the mechanical operating tests, the complete set sequence shall be repeated following the adjustments.

8.6 Design and visual check [7.102]

The circuit-breaker shall be checked to verify its compliance with the order specification.

In particular, the following items shall be checked:

- the language and data on the name plates;
- identification of any auxiliary equipment;
- the colour and quality of paint and corrosion protection of metallic surfaces;

- the values of the resistors and capacitors (if applicable) connected to the main circuit.

9 Guidance to the selection of circuit-breakers for service [8]

Clause 8 of IEC 62271-100 may be of guidance in the choice of the circuit-breaker characteristics.

10 Information to be given with enquiries, tenders and orders [9]

Clause 9 of IEC 62271-100 may be of guidance as a check list of the information to be given with enquiries, tenders and orders.

Addition to 9.102 a) of IEC 62271-100:

- 28) the prospective electric endurance, in $(kA^2 \times n)$, given as maximum admitted summation from 1 to n, n being the number of break operations at the square of the prospective breaking current at each break operation,
- 29) any criteria allowing determination of the wear of active parts.

Bibliography

- IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*
- IEC 60050-441, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*
- IEC 60050-446, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 446: Electrical relays*
- IEC 60050-604, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*
- IEC 60050-605:1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 605: Generation, transmission and distribution of electricity – Substations*
- IEC 60050-811:1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*
- IEC 60060-1:1989 + corrigendum March 1990, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*
- IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*
- IEC 60137:2003, *Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V*
- IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*
- IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*
- IEC 60376, *Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF₆) for use in electrical equipment*
- IEC 60470, *High-voltage alternating current contactors and contactor-based motor-starters*
- IEC/TR 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*
- IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*
- IEC 62128-1, *Railway applications – Fixed installations – Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing*
- IEC 62236 (all parts), *Railway applications – Electromagnetic compatibility*
- IEC 62271-200:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*
- IEC 62497-2: *Railway applications – Insulation co-ordination – Part 2: Overvoltages and related protections*
- IEC 62278:2002, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

EN 50119, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Overhead contact lines*

EN 50125-2:2002, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	65
INTRODUCTION.....	67
1 Domaine d'application	68
2 Références normatives.....	68
3 Termes et définitions	69
4 Conditions de service	69
5 Caractéristiques assignées.....	69
5.1 Généralités.....	69
5.2 Tension assignée (U_{Ne}).....	70
5.3 Tension nominale (U_n).....	70
5.4 Tension d'isolement assignée (U_{Nm}) [4.2].....	70
5.5 Fréquence assignée [4.3]	71
5.6 Courant assigné en service continu et échauffement [4.4]	71
5.7 Courant de courte durée admissible assigné [4.5]	72
5.8 Valeur de crête du courant admissible assigné [4.6]	72
5.9 Durée de court-circuit assignée [4.7]	72
5.10 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires [4.8]	72
5.11 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires [4.9].....	72
5.12 Pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé du disjoncteur en et hors exploitation [4.10]	72
5.13 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{Nss}) [4.101].....	73
5.13.1 Généralités [4.101]	73
5.13.2 Composante alternative du pouvoir de coupure assigné en court- circuit [4.101.1].....	73
5.13.3 Composante continue du pouvoir de coupure assigné en court-circuit [4.101.2].....	73
5.14 Tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes [4.102].....	74
5.14.1 Généralités.....	74
5.14.2 Représentation des ondes de la tension transitoire de rétablissement [4.102.1].....	74
5.14.3 Représentation de la TTR assignée [4.102.2]	74
5.14.4 Valeurs normales de la TTR assignée [4.102.3].....	75
5.15 Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale [4.102.4].....	76
5.16 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit [4.103]	76
5.17 Séquence de manœuvres assignée [4.104]	76
5.18 Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases [4.106]	77
5.19 Pouvoir de coupure assigné en ligne à vide [4.107.1]	78
5.20 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide [4.107.2]	78
5.21 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs [4.107.3]	78
5.22 Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins [4.107.4].....	79
5.23 Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs [4.107.5]	79
5.24 Durées assignées [4.109].....	80
5.24.1 Généralités.....	80
5.24.2 Durée de coupure assignée [4.109.1]	80

5.25	Coordination des valeurs assignées	81
6	Conception et construction [5]	82
6.1	Exigences pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs [5.1].....	82
6.2	Exigences pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs [5.2].....	82
6.3	Raccordement à la terre des disjoncteurs [5.3].....	82
6.4	Equipements auxiliaires [5.4].....	83
6.5	Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure [5.5].....	83
6.6	Fermeture à accumulation d'énergie [5.6].....	83
6.7	Fonctionnement des déclencheurs [5.8]	83
6.7.1	Généralités.....	83
6.7.2	Déclencheur à maximum de courant [5.8.101]	83
6.7.3	Déclencheurs multiples [5.8.102].....	84
6.8	Verrouillages à basse et à haute pression [5.9].....	84
6.9	Plaques signalétiques [5.10].....	84
6.10	Exigences pour la simultanéité des pôles [5.101]	84
6.11	Exigence générale de fonctionnement [5.102]	85
6.12	Limites de pression du gaz comprimé pour la coupure dans le cas des disjoncteurs à gaz comprimé [5.103]	85
6.13	Orifice d'évacuation des gaz [5.104].....	85
6.14	Dispositif de protection contre les surpressions.....	86
7	Essais de type [6].....	86
7.1	Généralités.....	86
7.2	Essais diélectriques [6.2].....	86
7.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais [6.2.1].....	86
7.2.2	Modalité des essais sous pluie [6.2.2]	86
7.2.3	Etat du disjoncteur pendant les essais diélectriques [6.2.3]	86
7.2.4	Application de la tension d'essai et conditions d'essai [6.2.5]	87
7.2.5	Tensions d'essai [6.2.6].....	87
7.2.6	Essais de tension de choc de foudre et de choc de manœuvre [6.2.7.2, 6.2.7.3]	87
7.2.7	Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle [6.2.7.1].....	87
7.2.8	Essais de pollution artificielle [6.2.8].....	87
7.2.9	Essais de décharges partielles [6.2.9]	87
7.2.10	Essais des circuits auxiliaires et de commande [6.2.10].....	88
7.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique [6.3].....	88
7.4	Essais d'échauffement [6.5].....	88
7.4.1	Etat du disjoncteur en essai [6.5.1].....	88
7.4.2	Disposition de l'appareil [6.5.2].....	88
7.4.3	Mesures de la température et de l'échauffement [6.5.3].....	88
7.4.4	Température de l'air ambiant [6.5.4]	88
7.4.5	Essais d'échauffement des équipements auxiliaires [6.5.5].....	88
7.4.6	Interprétation des essais d'échauffement [6.5.6].....	89
7.5	Mesure de la résistance du circuit principal [6.4.1]	89
7.6	Essais au courant admissible de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible [6.6]	89
7.6.1	Disposition du disjoncteur et du circuit d'essai [6.6.1].....	89
7.6.2	Valeurs du courant d'essai et de sa durée [6.6.2]	89
7.6.3	Comportement du disjoncteur au cours de l'essai [6.6.3]	89
7.6.4	Etat du disjoncteur après les essais [6.6.4].....	89

7.7	Essais mécaniques et environnementaux [6.101]	89
7.7.1	Dispositions diverses pour les essais mécaniques et environnementaux [6.101.1]	89
7.7.2	Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant [6.101.2]	91
7.7.3	Essais à haute et basse températures [6.101.3]	93
7.7.4	Essai à l'humidité [6.101.4]	96
7.7.5	Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace [6.101.5]	97
7.7.6	Guide pour l'essai avec des efforts statiques sur les bornes [6.101.6]	97
7.8	Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure [6.102]	98
7.8.1	Généralités [6.102.1]	98
7.8.2	Exigences particulières pour les essais des disjoncteurs unipolaires	98
7.8.3	Disposition du disjoncteur pour les essais [6.102.3]	98
7.8.4	Considérations générales concernant les méthodes d'essais [6.102.4]	99
7.8.5	Essais synthétiques [6.102.5]	99
7.8.6	Manœuvres à vide avant les essais [6.102.6]	100
7.8.7	Mécanismes de fermeture différents [6.102.7]	100
7.8.8	Comportement du disjoncteur pendant les essais [6.102.8]	100
7.8.9	Etat du disjoncteur après les essais [6.102.9]	101
7.8.10	Disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc	103
7.9	Circuit d'essai pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit [6.103]	104
7.9.1	Facteur de puissance [6.103.1]	104
7.9.2	Fréquence [6.103.2]	104
7.9.3	Mise à la terre du circuit d'essai pendant les essais monophasés du disjoncteur unipolaire [6.103.3]	105
7.9.4	Raccordement du circuit d'essai du disjoncteur [6.103.4]	105
7.10	Caractéristiques pour les essais de court-circuit [6.104]	105
7.10.1	Tension appliquée avant les essais d'établissement en court-circuit [6.104.1]	105
7.10.2	Courant établi en court-circuit [6.104.2]	105
7.10.3	Pouvoir de coupure en court-circuit [6.104.3]	106
7.10.4	Composante continue du pouvoir de coupure en court-circuit [6.104.4]	107
7.10.5	Tension transitoire de rétablissement (TTR) pour les essais de défaut aux bornes [6.104.5]	107
7.10.6	Mesure de la tension transitoire de rétablissement [6.104.6]	109
7.10.7	Tension de rétablissement à fréquence industrielle [6.104.7]	110
7.11	Procédures d'essais en court-circuit [6.105]	110
7.11.1	Intervalle de temps entre les essais [6.105.1]	110
7.11.2	Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais de coupure [6.105.2]	111
7.11.3	Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais d'établissement-coupure [6.105.3]	111
7.11.4	Accrochage à la fermeture sur court-circuit [6.105.4]	111
7.11.5	Essais non valables [6.105.5]	111
7.12	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales [6.106]	111
7.12.1	Généralités	111
7.12.2	Séquence d'essais T10 [6.106.1]	112

7.12.3	Séquence d'essais T30 [6.106.2].....	112
7.12.4	Séquence d'essais T60 [6.106.3].....	112
7.12.5	Séquence d'essais T100s [6.106.4].....	112
7.12.6	Séquence d'essais T100a [6.106.5].....	113
7.13	Essais au courant critique [6.107].....	113
7.13.1	Cas d'application [6.107.1].....	113
7.13.2	Courant d'essai [6.107.2].....	114
7.13.3	Séquences d'essais au courant critique [6.107.3].....	114
7.14	Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases [6.110].....	114
7.15	Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs [6.111].....	114
7.15.1	Cas d'application [6.111.1].....	114
7.15.2	Généralités [6.111.2].....	114
7.15.3	Caractéristiques des circuits d'alimentation [6.111.3].....	115
7.15.4	Mise à la terre du circuit d'alimentation [6.111.4].....	115
7.15.5	Caractéristiques du circuit capacitif à couper ou à établir [6.111.5].....	115
7.15.6	Forme d'onde du courant [6.111.6].....	116
7.15.7	Tension d'essai [6.111.7].....	116
7.15.8	Séquences d'essais [6.111.9].....	116
7.15.9	Essais avec TTR spécifiée [6.111.9].....	116
7.15.10	Résultats d'essais [6.111.11].....	117
8	Essais individuels [7].....	117
8.1	Généralités.....	117
8.2	Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle à sec du circuit principal [7.1].....	117
8.3	Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires et de commande [7.2].....	117
8.4	Mesure de la résistance du circuit principal [7.3].....	117
8.5	Essais de fonctionnement mécanique [7.101].....	118
8.6	Contrôles de conformité et contrôles visuels [7.102].....	119
9	Guide pour le choix des disjoncteurs selon le service [8].....	119
10	Renseignements à donner dans les appels d'offre, les soumissions et les commandes [9].....	119
	Bibliographie.....	120

Tableau 1 – Tensions nominales (U_n), tensions de choc assignées (U_{Ni}) et niveaux d'essais de tension à fréquence industrielle (en courant alternatif) de courte durée U_a pour les circuits connectés à la ligne de contact 71

Tableau 2 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire..... 75

Tableau 3 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la coupure en discordance de phases à 120° – Représentation par deux paramètres - Disjoncteur unipolaire 77

Tableau 4 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la coupure en discordance de phases à 180° – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire..... 78

Tableau 5 – Valeurs suggérées de surtension de manœuvre maximale admissible à la terre..... 79

Tableau 6 – Tableau de coordination des valeurs assignées des disjoncteurs 82

Tableau 7 – Essai de fonctionnement mécanique à la température ambiante 92

Tableau 8 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais T60 – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire..... 108

Tableau 9 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais T30 – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire..... 109

Tableau 10 – Valeurs d'essai pour les essais avec TTR spécifiée..... 117

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR APPAREILLAGE À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec U_n supérieur à 1 kV

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62505-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires. Cette norme est basée sur l'EN 50152-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1219/FDIS	9/1232/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62505, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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

La série de normes CEI 62505 est divisée ainsi:

- Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec U_n supérieur à 1 kV.
- Partie 2: Sectionneurs monophasés, sectionneurs de terre et commutateurs avec U_n supérieur à 1 kV.
- Partie 3-1: Dispositifs de mesure, de commande et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant alternatif – Guide d'application.
- Partie 3-2: Dispositifs de mesure, de commande et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant alternatif – Transformateurs de courant monophasés.
- Partie 3-3: Dispositifs de mesure, de commande et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant alternatif – Transformateurs inductifs de tension monophasés.

La CEI 62505-1 doit être utilisée conjointement avec la CEI 62271-100 (2008).

Les exigences essentielles de la CEI 62271-100 ont été transcrites dans la présente Norme internationale. D'autres articles complémentaires de la CEI 62271-100 sont mentionnés dans la présente norme. Lorsqu'un article particulier de la CEI 62271-100 n'est pas mentionné, mais n'est pas désigné comme "non applicable" dans la présente norme, on applique les modalités de cet article autant que faire se peut. Partout où la présente norme indique "ajout" ou "remplacement", le texte correspondant de la CEI 62271-100 doit être adapté en conséquence.

La numérotation des articles de la série CEI 62271 n'est pas utilisée dans la présente norme. Les numéros entre crochets se réfèrent aux articles de la CEI 62271.

NOTE 1 Lorsque des définitions de la CEI 62271-100 sont en contradiction avec celles de la CEI 60050-811:1991 ou avec celles d'autres documents ferroviaires mentionnés dans la liste des références normatives, les définitions de la CEI 62271-100 doivent être utilisées.

NOTE 2 Le suffixe N qui apparaît dans la présente norme pour des valeurs assignées n'est pas utilisé dans la CEI 62271-100.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR APPAREILLAGE À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec U_n supérieur à 1 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62505 est applicable aux disjoncteurs unipolaires monophasés à courant alternatif conçus pour des installations fixes intérieures ou extérieures pour utilisation à des fréquences de 16,7 Hz, 50 Hz et 60 Hz dans les réseaux de traction dont la tension U_{Nm} est comprise entre 1 kV et 52 kV.

La présente Norme internationale est également applicable aux disjoncteurs bipolaires quand ils sont connectés de la façon suivante: un pôle assure la connexion à la caténaire de la voie, l'autre est relié au câble feeder qui court le long de la même voie et qui est utilisé pour surélever la tension de la voie à intervalles réguliers en association avec les autotransformateurs. Le point central de ce circuit est relié à la terre.

La présente norme est également applicable aux dispositifs de commande des disjoncteurs et à leurs équipements auxiliaires.

La présente norme ne s'applique pas aux disjoncteurs comportant un mécanisme à manœuvre manuelle dépendante.

NOTE Un pouvoir de fermeture assigné en court-circuit ne peut pas être spécifié pour ces disjoncteurs et l'emploi de tels mécanismes peut être inacceptable pour des raisons de sécurité.

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 60044-1:1999, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Transformateurs de courant*

CEI 60850:2007, *Applications ferroviaires - Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

CEI 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

CEI 62271-102:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

CEI 62497-1, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 62271-1 et la CEI 62271-100, ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent:

3.1

disjoncteur unipolaire

disjoncteur, constitué d'un circuit principal conducteur, électriquement séparé, destiné à un usage dans un circuit monophasé

NOTE La disposition constructive de cet appareil est en principe identique à une phase d'un disjoncteur triphasé.

3.2

disjoncteur bipolaire

disjoncteur constitué de deux circuits principaux indépendants conducteurs, électriquement séparés

NOTE 1 Les deux pôles peuvent être connectés en série pour une utilisation dans un circuit monophasé où l'établissement et la coupure des deux circuits sont simultanés.

NOTE 2 La disposition constructive de cet appareil est en principe identique à deux phases d'un disjoncteur triphasé.

3.3

index des définitions

identique à 3.8 de la CEI 62271-100, mais amendé conformément aux définitions ci-dessus

4 Conditions de service

L'Article 2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec l'ajout suivant:

Les équipements couverts par la présente norme doivent être appropriés à une installation le long de la voie, sujette aux vibrations dues au passage des trains, ainsi qu'à la pollution par la poussière de fer issue de leur freinage, et doivent satisfaire aux exigences de la compatibilité électromagnétique (CEM).

Concernant les conditions spéciales de service, un accord doit être établi entre l'acheteur et le fournisseur.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

Un disjoncteur dans des conditions correctes de maintenance et de réglage doit être capable de supporter toute contrainte qui peut survenir en service, pourvu qu'elle n'excède pas ses caractéristiques assignées.

Les caractéristiques d'un disjoncteur, y compris celles de ses dispositifs de commande et de son équipement auxiliaire, qui doivent servir à fixer les caractéristiques assignées, sont les suivantes:

Caractéristiques assignées à indiquer pour tous les disjoncteurs:

- a) tension assignée;
- b) niveau d'isolement assigné;
- c) fréquence assignée;
- d) courant assigné en service continu;

- e) courant de courte durée admissible assigné;
- f) valeur de crête du courant admissible assigné;
- g) durée de court-circuit assignée, pour les disjoncteurs qui ne sont pas munis de déclencheurs directs à maximum de courant;
- h) tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires;
- i) fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires;
- j) pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé en et hors service, s'il y a lieu;
- k) pression assignée de gaz pour les appareils hermétiques;
- l) pouvoir de coupure assigné en court-circuit;
- m) tension transitoire de rétablissement assignée dans le cas de défauts aux bornes;
- n) pouvoir de fermeture assigné en court-circuit;
- o) séquence de manœuvres assignée.

5.2 Tension assignée (U_{Ne})

La tension assignée U_{Ne} doit être choisie en tenant compte du niveau de tension maximum susceptible d'être appliqué en permanence au disjoncteur (c'est-à-dire la tension permanente la plus haute possible U_{max1} ainsi définie dans la CEI 60850).

NOTE La présente norme fait référence aux valeurs U_{max1} et U_{max2} définies dans la CEI 60850. Ces valeurs sont utilisées pour exprimer les valeurs de U_{Ne} , dont on s'attend qu'elles soient supérieures ou égales à U_{max1} . On s'attend aussi à ce que les caractéristiques d'isolation soient suffisantes pour permettre au disjoncteur de tenir la tension transitoire la plus haute U_{max2} , quand cela est exigé à l'Article 5 et l'Article 7.

5.3 Tension nominale (U_n)

La tension nominale U_n doit être une des tensions répertoriées dans le Tableau 1 de la CEI 60850.

5.4 Tension d'isolement assignée (U_{Nm}) [4.2]

La tension d'isolement assignée U_{Nm} , la tension de tenue assignée aux ondes de choc U_{Ni} et la tension de tenue à fréquence industrielle U_a doivent correspondre aux valeurs données dans le Tableau 1, extraites de la CEI 62497-1.

Tableau 1 – Tensions nominales (U_n), tensions de choc assignées (U_{Ni}) et niveaux d'essais de tension à fréquence industrielle (en courant alternatif) de courte durée U_a pour les circuits connectés à la ligne de contact

U_n kV	U_{Nm} kV	U^a kV	OV	U_{Ni} (1,2/50 μ s) kV	U_a kV
CEI 60850	CEI 62497-1	(CEI 62271-1)	CEI 62497-1		
15	17,25	(24,0)	3	95	38 ou 50 ^b
			4	125	50
		(36,0)	3	145	70
			4	170	70 ou 95 ^b
20	24	N/A	3		
			4	150	50
25	27,5 ^c	N/A	3	170	70 ou 95 ^b
			4	200 ^c	95
			(52,0)	3	200 ^c
		4	250	95	
	30	N/A	3		
			4	200	70
Voir Note 3	52,0	(72,5)	3	250	95
			4	300	140

NOTE 1 Le choix des différentes valeurs de U_{Ni} données pour la même valeur de U_n , dépend des tensions non permanentes les plus élevées (telles que U_{max2} de la CEI 60850) apparaissant réellement dans le réseau.

NOTE 2 OV3 et OV4 sont des niveaux de surtension dépendant de la configuration du réseau et du degré de limitation des surtensions (limitation inhérente ou limitation des dispositifs de protection), comme indiqué dans la CEI 62497-1.

NOTE 3 Notez que, dans les cas où, pour des raisons de circuit, il peut arriver qu'une tension plus élevée soit appliquée aux bornes de l'appareil en régime transitoire, une tension d'isolement assignée plus élevée entre des contacts serait alors nécessaire (par exemple $U_{Nm} = 52$ kV pour $U_n = 25$ kV).

^a Les valeurs entre parenthèses donnent les valeurs des tensions assignées selon le Tableau 1a de la CEI 62271-1 et dont les valeurs des tensions d'essais admissibles équivalentes sont les plus proches des valeurs des tensions d'essais monophasées données dans ce Tableau.

^b Au choix de l'acheteur ou par accord.

^c Ces valeurs sont seulement utilisées dans les applications ferroviaires et ne sont pas d'un usage industriel répandu.

5.5 Fréquence assignée [4.3]

Le paragraphe 4.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.6 Courant assigné en service continu et échauffement [4.4]

Les paragraphes 4.4.1 et 4.4.2 de la CEI 62271-1 sont applicables avec les ajouts suivants:

Les valeurs de courant assigné en service continu doivent être choisies parmi les valeurs normales suivantes:

400 A; 630 A; 800 A; 1 250 A; 1 600 A; 2 000 A; 2 500 A; 4 000 A.

NOTE Les valeurs ci-dessus ont été choisies dans la série R 10 et, si des valeurs supérieures sont exigées, il convient qu'elles soient également choisies dans cette série.

Si le disjoncteur est muni d'un accessoire branché en série, tel qu'un déclencheur direct à maximum de courant, le courant assigné en service normal de l'accessoire est la valeur efficace du courant que cet accessoire doit pouvoir supporter de façon continue sans détérioration à sa fréquence assignée, sans que l'échauffement de ses différentes parties n'excède les valeurs spécifiées dans le Tableau 3 de la CEI 62271-1.

Les transformateurs de courant doivent satisfaire aux exigences de la CEI 60044-1.

5.7 Courant de courte durée admissible assigné [4.5]

Le paragraphe 4.5 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Le courant de courte durée admissible assigné est égal au courant de coupure assigné en court-circuit (voir 5.13).

5.8 Valeur de crête du courant admissible assigné [4.6]

Le paragraphe 4.6 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

La valeur de crête du courant admissible assigné est égale au courant de fermeture assigné en court-circuit (voir 5.16).

5.9 Durée de court-circuit assignée [4.7]

Le paragraphe 4.7 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Il n'est pas nécessaire de préciser une durée de court-circuit assignée pour les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant. Ceci, à condition que, lorsque les disjoncteurs sont insérés dans un circuit dont le pouvoir de coupure présumé est égal à leur pouvoir de coupure assigné en court-circuit et lorsque leurs déclencheurs sont réglés pour les valeurs maximales de courant et de retard s'ils sont réglables, les disjoncteurs doivent pouvoir supporter le courant qui en résulte pendant la durée de coupure et cela dans les conditions qui correspondent à leur séquence de manœuvre assignée (voir 7.6.1).

5.10 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires [4.8]

Le paragraphe 4.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.11 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires [4.9]

Le paragraphe 4.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.12 Pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé du disjoncteur en et hors exploitation [4.10]

Valeurs des pressions auxquelles le disjoncteur est rempli.

Le paragraphe 4.10 de la CEI 62271-1 est applicable à la pression d'alimentation en gaz comprimé lorsque le disjoncteur est en exploitation.

Aucune valeur normale n'est donnée pour la pression assignée d'alimentation en gaz comprimé lorsque le disjoncteur est hors exploitation.

Les pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé doivent être données par le constructeur du disjoncteur.

5.13 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{Nss}) [4.101]

5.13.1 Généralités [4.101]

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit (I_{Nss}) est la valeur la plus élevée du courant de court-circuit que le disjoncteur doit être capable de couper dans les conditions d'emploi et de fonctionnement fixées dans la présente norme, dans un circuit dont la tension de rétablissement à la fréquence industrielle correspond à la tension assignée du disjoncteur et dont la tension transitoire de rétablissement est égale à la valeur assignée spécifiée en 5.14.1.

La coupure du défaut proche en ligne n'est pas exigée pour les disjoncteurs répondant à la présente norme. Une telle exigence doit être considérée comme spéciale et sujette à accord entre acheteur et fournisseur.

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est caractérisé par deux valeurs:

- la valeur efficace de sa composante alternative, dénommée par abréviation: "pouvoir de coupure assigné", et
- le pourcentage de la composante continue.

NOTE 1 Si la composante continue ne dépasse pas 20 %, le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est caractérisé seulement par la valeur efficace de sa composante alternative.

Les composantes alternative et continue sont déterminées d'après la Figure 8 de la CEI 62271-100.

Le disjoncteur doit pouvoir couper, dans les conditions indiquées ci-dessus, jusqu'à son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, tout courant de court-circuit avec une composante alternative quelconque ne dépassant pas la valeur assignée et avec un pourcentage de la composante continue ne dépassant pas la valeur spécifiée.

Un disjoncteur normal répond aux caractéristiques suivantes:

- a) Pour les tensions inférieures à la tension assignée, le disjoncteur est capable de couper son pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

NOTE 2 Pour les disjoncteurs dont les pouvoirs de coupure assignés en court-circuit I_{Nss} ont été vérifiés sous deux tensions assignées différentes U_{Ne} , on peut fixer des valeurs intermédiaires au moyen du segment de droite défini par les deux couples de valeurs assignées vérifiées et tracé dans un diagramme de coordonnées $\log U$ et $\log I$. S'il y a doute concernant la validité de l'interpolation, il convient de justifier celle-ci par des essais.

- b) Pour les tensions supérieures à la valeur assignée, aucun pouvoir de coupure assigné en court-circuit n'est garanti sauf dans le cas prévu en 5.18.

5.13.2 Composante alternative du pouvoir de coupure assigné en court-circuit [4.101.1]

La valeur efficace de la composante alternative du pouvoir de coupure assigné en court-circuit doit être choisie parmi les valeurs du Tableau 6.

NOTE Les valeurs du Tableau 6 ont été choisies dans la série R 10 et, si des valeurs supérieures sont exigées, il convient qu'elles soient également choisies dans cette série.

5.13.3 Composante continue du pouvoir de coupure assigné en court-circuit [4.101.2]

La valeur du pourcentage de la composante continue doit être déterminée comme suit:

- a) Pour un disjoncteur qui peut être déclenché par le courant de court-circuit sans l'aide d'une forme quelconque d'énergie auxiliaire, le pourcentage de la composante continue doit correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur.

- b) Pour un disjoncteur qui ne peut être déclenché que par une forme quelconque d'énergie auxiliaire, le pourcentage de la composante continue doit correspondre à un intervalle de temps τ égal à la durée d'ouverture minimale du disjoncteur, à laquelle on ajoutera une demi-période de la fréquence assignée.

La durée minimale d'ouverture mentionnée ci-dessus est la plus courte durée d'ouverture du disjoncteur qui puisse être obtenue dans n'importe quelles conditions de service, aussi bien en manœuvre de coupure qu'en cycle de manœuvres d'établissement-coupure.

La valeur de la composante continue évaluée en pourcentage dépend de l'intervalle de temps τ . La Figure 9 de la CEI 62271-100 indique les valeurs normales et particulières.

5.14 Tension transitoire de rétablissement assignée pour les défauts aux bornes [4.102]

5.14.1 Généralités

La tension transitoire de rétablissement assignée (TTR) pour les défauts aux bornes, associée au pouvoir de coupure assigné en court-circuit conformément à 5.13.1, est la tension de référence qui constitue la limite de la tension transitoire de rétablissement présumée de circuits que le disjoncteur doit pouvoir couper lors d'un court-circuit à ses bornes.

5.14.2 Représentation des ondes de la tension transitoire de rétablissement [4.102.1]

La forme d'onde des tensions transitoires de rétablissement est variable suivant la configuration des circuits réels.

NOTE 1 La tension transitoire de rétablissement a une forme proche d'une oscillation amortie à une seule fréquence. Cette forme d'onde est suffisamment bien représentée par une enveloppe constituée par deux segments de droite définis par deux paramètres. Des méthodes de tracé des enveloppes de la TTR sont indiquées dans la CEI 62271-100, Annexe F.

L'influence de la capacité locale sur le côté alimentation du disjoncteur réduit le taux de montée de la tension pendant les quelques premières microsecondes de la TTR. On en tient compte par l'introduction d'un retard.

Il apparaît que chaque période de l'onde de la TTR peut influencer les performances de coupure d'un disjoncteur. Le tout début de la TTR peut être important pour certains types de disjoncteurs.

NOTE 2 Cette période de la TTR, dénommée TTR initiale (TTRI), est provoquée par une oscillation initiale de faible amplitude due aux réflexions sur la première discontinuité majeure du jeu de barres. La TTRI est un phénomène physique très semblable au défaut proche en ligne. Par comparaison avec le défaut proche en ligne, la première crête de tension est plutôt basse, mais la durée pour atteindre cette première crête est extrêmement courte et se situe dans les premières microsecondes après le passage à zéro du courant. C'est pourquoi le processus thermique d'interruption peut être influencé.

NOTE 3 Etant donné que la TTRI est proportionnelle à l'impédance d'onde des jeux de barres et au courant, les exigences la concernant peuvent être négligées pour l'appareillage sous enveloppe métallique et dans la plupart des applications ferroviaires du fait de la faible impédance d'onde, et il en est de même pour tout l'appareillage à pouvoir de coupure assigné en court-circuit inférieur à 50 kA.

NOTE 4 Si le disjoncteur possède des caractéristiques relatives aux défauts proches en ligne, les exigences de la TTRI sont considérées comme satisfaites à condition que les essais de défaut proche en ligne soient effectués avec une ligne n'introduisant pas de retard (voir 7.10.5.2).

5.14.3 Représentation de la TTR assignée [4.102.2]

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR assignées:

- a) tracé de référence à quatre paramètres, non applicable;
- b) tracé de référence à deux paramètres (voir Figure 11 de la CEI 62271-100):

u_c = tension de référence (valeur crête de la TTR), en kV,

t_3 = temps mis pour atteindre u_c , en ms;

c) segment définissant le retard de la TTR (voir Figure 11 de la CEI 62271-100):

t_d = temps de retard, en ms,

u' = tension de référence, en kV,

t' = temps pour atteindre u' , en ms.

Le segment définissant le retard commence sur l'axe des temps à la valeur du retard assigné, est parallèle à la première partie du tracé de référence de la TTR assignée et se termine à la valeur de tension u' (correspondant à l'abscisse t');

d) non applicable.

5.14.4 Valeurs normales de la TTR assignée [4.102.3]

Les valeurs normales de la TTR assignée pour les disjoncteurs monophasés sont indiquées dans le Tableau 2.

Lorsque l'acheteur a des exigences de TTR plus sévères que celles du Tableau 2, celles-ci doivent être précisées dans la spécification de l'acheteur.

Tableau 2 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement assignée – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire

U_n kV	$U_{\max 1}$ ^a kV	$U_{\max 2}$ ^a kV	Valeur crête de la TTR U_c kV	t_3 μs	t_d μs	u' kV	t' μs	Taux de montée U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	36	108	16,0	12	52	0,33
20	24,0	N/A	41	82	12,3	14	40	0,50
25	27,5	29	57	132	20,0	19	64	0,43
25	30,0	N/A	62	103	15,5	21	50	0,60

^a Voir la CEI 60850.
N/A: non applicable.

avec:

$$U_c = 1,4 \times \sqrt{2} \times U_{\max 2};$$

1,4 = facteur d'amplitude (voir la CEI 62271-100);

$$u' \approx \frac{U_c}{3};$$

$$t' = \frac{t_3}{3} + t_d;$$

$$t_d = 0,15 \times t_3.$$

NOTE 1 Les valeurs du Tableau 2 sont des valeurs minimales. Les valeurs du Tableau 1 de la CEI 62271-100 peuvent être adoptées avec $U(\text{CEI 62271-100}) = \sqrt{3} \times U_{\max 2}$ et t_3 inchangé.

NOTE 2 Les valeurs de TTR sont celles d'un disjoncteur monophasé. Le disjoncteur triphasé équivalent est soumis aux essais avec des valeurs de u_c et U_c/t_3 égales à 1,5 fois celles du Tableau 2. Les valeurs du temps de retard t_d doivent être en accord avec le Tableau 1a de la CEI 62271-100.

5.15 Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale [4.102.4]

Le paragraphe 4.102.4 de la CEI 62271-100 n'est pas applicable aux disjoncteurs monophasés ferroviaires.

5.16 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit [4.103]

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit d'un disjoncteur (voir Figure 8 de la CEI 62271-100), est celui qui correspond à la tension assignée. Il doit être égal à 2,5 fois la valeur efficace de la composante alternative de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit (voir 5.13).

5.17 Séquence de manœuvres assignée [4.104]

Il existe deux variantes de séquences de manœuvres assignées correspondant aux formules suivantes:

O - t - CO - t' - CO

Sauf spécification contraire:

$t = 180$ s pour les disjoncteurs qui ne sont pas prévus pour la refermeture automatique rapide;

NOTE 1 Au lieu de $t' = 180$ s, $t' = 60$ s est aussi utilisé pour les disjoncteurs qui ne sont pas prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide.

$t = 0,3$ s pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide (durée de coupure-établissement);

$t' = 180$ s.

NOTE 2 Au lieu de $t' = 180$ s, d'autres valeurs: $t' = 15$ s (pour les tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV) et $t' = 60$ s sont aussi utilisées pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide.

CO - t'' - CO

avec:

$t'' = 15$ s, pour les disjoncteurs qui ne sont pas prévus pour la refermeture automatique rapide;

où:

O représente une manœuvre d'ouverture;

CO représente une manœuvre de fermeture suivie immédiatement (c'est-à-dire sans délai intentionnel) d'une manœuvre d'ouverture;

t , t' et t'' sont les intervalles de temps entre deux manœuvres successives.

NOTE 3 Il convient que t , t' et t'' soient toujours exprimés en s.

Si la durée de coupure-établissement est réglable, les limites de réglage doivent être spécifiées.

5.18 Pouvoir de coupure assigné en discordance de phases [4.106]

A la demande de l'acheteur, un disjoncteur unipolaire peut être utilisé en service en position ouverte avec deux phases différentes aux bornes de ses contacts ouverts, par exemple un disjoncteur utilisé pour fournir une alimentation de secours en cas d'urgence. Cet essai doit être réalisé à la valeur assignée spécifiée par l'acheteur, basée sur le courant de défaut maximum qui peut exister dans ces conditions. Ce pouvoir de coupure en discordance de phases ne peut pas dépasser 50 % du courant de court-circuit assigné avec deux phases décalées de 120° ou 180° au maximum. L'acheteur doit préciser si la coupure de courant en discordance de phases est applicable et dans quelle condition elle s'applique.

NOTE Le cas 120° apparaît quand la tension est issue de deux phases différentes d'un réseau triphasé. Le cas 180° apparaît généralement quand le neutre est le point milieu d'un réseau monophasé (couramment identifié comme un réseau à $\pm U_n$).

La tension transitoire de rétablissement doit être conforme aux Tableaux 3 et 4.

Tableau 3 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la coupure en discordance de phases à 120° – Représentation par deux paramètres - Disjoncteur unipolaire

Tension nominale U_n kV	$U_{\max 1}^a$ kV	$U_{\max 2}^a$ kV	Valeur crête de la TTR U_c kV	Temps t_3 μs	Taux de montée U_c/t_3 kV/ μs
15	17,25	18	55	216	0,25
20	24,0	N/A	61	164	0,37
25	27,5	29	88	264	0,33
25	30,0	N/A	92	206	0,45

^a Voir la CEI 60850.
N/A: non applicable.

avec:

$$U_c = 1,25 \times \sqrt{2} \times \sqrt{3} \times U_{\max 2} ;$$

1,25 = facteur d'amplitude corrigé (voir CEI 62271-100);

$\sqrt{3}$ = facteur de discordance de phases maximum;

$t_3 = 2 \times t_3$ (du Tableau 2).

Tableau 4 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la coupure en discordance de phases à 180° – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire

Tension nominale U_n kV	U_{max1} ^a kV	U_{max2} kV	Valeur crête de la TTR U_c kV	Temps t_3 µs	Taux de montée U_c/t_3 kV/µs
15	17,25	18	64	216	0,30
20	24,0	N/A	70	164	0,43
25	27,5	29	102	264	0,39
25	30,0	N/A	106	206	0,51

^a Voir la CEI 60850.
N/A: non applicable.

avec:

$$U_c = 1,25 \times \sqrt{2} \times 2 \times U_{max2} ;$$

1,25 = facteur d'amplitude corrigé (voir la CEI 62271-100);

2 = facteur d'opposition de phases;

$$t_3 = 2 \times t_3 \text{ (du Tableau 2).}$$

Si l'acheteur exige des TTR plus sévères que celles indiquées dans les Tableaux 3 et 4, il doit le préciser dans sa spécification.

5.19 Pouvoir de coupure assigné en ligne à vide [4.107.1]

A la demande de l'acheteur, le disjoncteur doit être capable de couper le courant capacitif du câble de réalimentation ou de la caténaire à une valeur de tension au moins égale à U_{max1} (voir la CEI 60850), et avec un courant n'excédant pas 10 A.

5.20 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide [4.107.2]

Le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide est le courant maximal de câbles à vide que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans la présente norme, et sans dépasser les valeurs maximales admissibles des surtensions de manœuvre spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le Tableau 5.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de câbles à vide pour un disjoncteur n'est pas obligatoire, mais est donnée sur demande, et est considérée comme non nécessaire pour les disjoncteurs de tensions assignées inférieures ou égales à 24 kV. Si un tel pouvoir de coupure est spécifié, il est recommandé de le choisir égal à 50 A pour les réseaux à 15 kV et à 80 A pour les réseaux à 25 kV.

5.21 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs [4.107.3]

Le pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs est le courant maximal de condensateurs que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans la présente norme, et sans dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le Tableau 5, colonnes B.

NOTE 1 Ce pouvoir de coupure se rapporte à la coupure de batteries de condensateurs shunt lorsqu'aucun condensateur shunt n'est connecté sur le côté source du disjoncteur.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs n'est pas obligatoire.

NOTE 2 Il convient de choisir les valeurs des pouvoirs de coupure assignés de batterie unique de condensateurs dans la série R 10 et pour un courant n'excédant pas 200 A, sauf accord contraire entre l'acheteur et le fournisseur.

5.22 Pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins [4.107.4]

Le pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins est le courant maximal de condensateurs que le disjoncteur doit être capable de couper sous sa tension assignée dans les conditions d'utilisation et de fonctionnement prescrites dans la présente norme, et sans dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur. Des valeurs suggérées sont indiquées dans le Tableau 5, colonnes B.

La spécification d'un pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins n'est pas obligatoire.

NOTE 1 Ce pouvoir de coupure se rapporte à la manœuvre d'une batterie de condensateurs shunt lorsqu'une ou plusieurs batteries de condensateurs shunt sont connectées du côté source du disjoncteur, fournissant un courant d'appel établi égal au pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs.

NOTE 2 Il convient de choisir les valeurs des pouvoirs de coupure assignés de batteries de condensateurs à gradins dans la série R 10 et pour un courant n'excédant pas 200 A, sauf accord contraire entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE 3 Des conditions similaires sont en principe applicables à la coupure des câbles.

5.23 Pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs [4.107.5]

Le pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs est la valeur crête du courant que le disjoncteur doit être capable d'établir sous sa tension assignée et avec une fréquence du courant d'appel appropriée aux conditions de service.

La spécification d'un pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs est obligatoire pour les disjoncteurs ayant un pouvoir de coupure assigné de batteries de condensateurs à gradins.

Tableau 5 – Valeurs suggérées de surtension de manœuvre maximale admissible à la terre

U_n	U_{Nm}	U_{max2}	U_{Ni}	$U_{max. terre}$			
				A		B	
kV	kV	kV	kV	kV ^a	p.u. ^b	kV ^a	p.u. ^b
15	24	18	170	97	3,8	64	2,5
25	36	29	250	144	3,5	103	2,5
^a Valeur crête. ^b $U_{max2} \times \sqrt{2}$.							

NOTE 1 Il convient de choisir les valeurs du pouvoir de fermeture assigné de batteries de condensateurs dans la série R 10 et avec un courant assigné ne dépassant pas 200 A, sauf accord contraire entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE 2 En service, la fréquence du courant d'appel est normalement dans la plage de 2 kHz - 5 kHz.

NOTE 3 On considère que le disjoncteur a un comportement satisfaisant à toute fréquence du courant d'appel inférieure à celle à laquelle il a été essayé.

NOTE 4 Les valeurs indiquées au Tableau 5 s'appliquent seulement aux conditions d'essais de 7.15. D'autres surtensions, par exemple celles qui apparaissent à la refermeture d'une ligne sur laquelle subsistent des charges résiduelles et à la coupure d'un faible courant inductif, ainsi que les surtensions entre phases, ne sont pas couvertes par ce tableau.

NOTE 5 Les valeurs indiquées au Tableau 5 ne peuvent pas toujours garantir l'absence d'amorçage entre phases.

NOTE 6 Les valeurs des colonnes A du Tableau 5 s'appliquent aux disjoncteurs d'usage général prévus pour la manœuvre de lignes et de câbles à vide des types les plus généralement utilisés dans les réseaux d'énergie.

Les valeurs des colonnes B du Tableau 5 s'appliquent aux disjoncteurs d'usage spécial, prévus pour la manœuvre des batteries de condensateurs ou des lignes ou des câbles à vide dans les réseaux d'énergie où existent des problèmes spéciaux de coordination de l'isolement, tels que la limitation de l'énergie absorbée par les parafoudres, l'amorçage d'éclateurs, etc.

5.24 Durées assignées [4.109]

5.24.1 Généralités

Des valeurs peuvent être assignées pour les durées suivantes:

- durée d'ouverture;
- durée de coupure;
- durée de fermeture;
- durée d'ouverture-fermeture;
- durée de refermeture;
- durée de fermeture-ouverture.

Les durées assignées sont établies en rapport avec:

- la tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (voir 5.10);
- la fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires (voir 5.11);
- les pressions assignées d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre et pour la coupure (voir 5.12);
- la pression assignée d'alimentation hydraulique pour la manœuvre;
- la température de l'air ambiant de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Si les essais sont effectués à une température ambiante différente, un accord peut être nécessaire entre constructeur et utilisateur pour l'interprétation des résultats.

NOTE Assigner une durée d'établissement ou une durée d'établissement-coupure n'a habituellement pas d'utilité pratique à cause de la variation de la durée de préarc.

5.24.2 Durée de coupure assignée [4.109.1]

La durée de coupure maximale déterminée pendant les séquences d'essais T30, T60 et T100s de 7.12.2, 7.12.3 et 7.12.4, le disjoncteur étant manœuvré avec la tension et la fréquence d'alimentation auxiliaire et les pressions d'alimentation pneumatique ou hydraulique à leurs valeurs assignées et à la température de l'air ambiant de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (voir 5.24.1), ne doit pas dépasser la durée de coupure assignée.

NOTE 1 Conformément à 7.8.3, il est recommandé d'effectuer les principales séquences d'essais en court-circuit aux valeurs minimales de tension ou de pression des dispositifs de commande. Afin de vérifier la durée de coupure assignée pendant ces séquences d'essais et pour tenir compte du fait que la tension d'alimentation auxiliaire et la pression sont plus basses, il convient de modifier la durée de coupure maximale enregistrée de la façon suivante:

$$t_b \geq t_1 - (t_2 - t_3);$$

où:

- t_b est la durée de coupure assignée;
- t_1 est la durée de coupure maximale enregistrée pendant les séquences d'essais T30, T60 et T100s;
- t_2 est la durée d'ouverture enregistrée à vide avec la tension d'alimentation auxiliaire et les pressions d'alimentation en gaz comprimé égales à celles utilisées durant les séquences d'essais T30, T60 et T100s;
- t_3 est la durée d'ouverture assignée.

Si la durée de coupure déterminée selon cette procédure dépasse la durée de coupure assignée, la séquence d'essais qui a donné la durée de coupure la plus longue peut être répétée avec la tension et la fréquence d'alimentation auxiliaire et la pression de l'alimentation pneumatique ou hydraulique à leurs valeurs assignées et, s'il y a lieu, avec le fluide de coupure à sa pression assignée.

NOTE 2 Il convient que la durée de coupure pendant un cycle d'établissement-coupure de la séquence d'essais T100s ne dépasse pas la durée de coupure assignée de plus de 0,5 période.

5.25 Coordination des valeurs assignées

Des valeurs coordonnées des tensions assignées (5.2), des pouvoirs de coupure en court-circuit (5.13) et des courants assignés en service continu (5.6) sont indiquées dans le Tableau 6, qui doit être utilisé comme un guide de valeurs privilégiées.

Tableau 6 – Tableau de coordination des valeurs assignées des disjoncteurs

Tensions de base			Pouvoir de coupure assigné en court-circuit I_{sc} kA	Courant assigné en service normal							
U_n kV	U_{Nm} kV	U^a kV		I_n A							
15 ^b	17,5 ^b	(24)	8 12,5 16 20 25 31,5 40 50	400	630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000	2 500 2 500 2 500	4 000 4 000
15 ou 25 ^b	24,0 27,5 ^b	(36) N/A	8 12,5 16 20 25 31,5 40 50		630 630 630		1 250 1 250 1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600 1 600 1 600	2 000 2 000 2 000 2 000	2 500 2 500 2 500 2 500	4 000 4 000 4 000
20	24	N/A	12,5 20 25 40 50 63		600 600 600		1 200 1 200 1 200 1 200		2 000 2 000	3 000 3 000	4 000 4 000
25	30	N/A	12,5 16 25 31,5 40		600 600 600		1 200 1 200 1 200 1 200		2 000 2 000 2 000	3 000 3 000	
25	36,0	(52)	8 12,5 20			800	1 250 1 250 1 250	1 600	2 000	2 500	
	52,0	(72,5)	12,5 16 20 31,5 50		800 800		1 250 1 250 1 250	1 600 1 600 1 600	2 000 2 000	2 500 2 500 2 500	4 000

^a Les valeurs entre parenthèses donnent les valeurs des tensions assignées selon le Tableau 1a de la CEI 62271-1 et dont les valeurs des tensions d'essais admissibles équivalentes sont les plus proches des valeurs d'essais des appareils monophasés données dans ce Tableau.

^b Ces valeurs sont utilisées seulement dans les applications ferroviaires et ne sont pas d'un usage industriel répandu.

N/A: non applicable.

LICENSED TO MECON Limited - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Conception et construction [5]

6.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs [5.1]

Le paragraphe 5.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs [5.2]

Le paragraphe 5.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.3 Raccordement à la terre des disjoncteurs [5.3]

Le paragraphe 5.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.4 Equipements auxiliaires [5.4]

Des équipements auxiliaires sont utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande des disjoncteurs.

Le paragraphe 5.4 de la CEI 62271-1 est applicable avec les ajouts suivants:

- Les connexions doivent supporter les contraintes imposées par le disjoncteur, spécialement celles qui sont dues aux efforts mécaniques pendant les manœuvres.
- Dans le cas de disjoncteurs pour l'extérieur, tous les équipements auxiliaires, y compris la filerie, doivent être protégés correctement contre la poussière, la pluie et l'humidité.
- Lorsque des contacts auxiliaires sont utilisés comme indicateurs de position, ils doivent indiquer la position finale du disjoncteur au repos (c'est-à-dire position d'ouverture ou position de fermeture).
- Lorsqu'on utilise un équipement de commande particulier pour les disjoncteurs, il doit fonctionner dans les limites spécifiées pour les tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande et les fluides de manœuvre et de coupure, et il doit pouvoir manœuvrer les charges indiquées par le constructeur du disjoncteur.
- Les équipements auxiliaires spéciaux tels qu'indicateurs de niveau de liquide, indicateurs de pression, soupapes de sécurité, équipement de remplissage et de vidange, chauffage et contacts de verrouillage, doivent fonctionner dans les limites spécifiées des tensions d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande et/ou dans les limites d'utilisation des fluides de manœuvre et de coupure.
- La puissance consommée par les résistances de chauffage à la tension assignée doit avoir la valeur indiquée par le constructeur à ± 10 % près.

6.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure [5.5]

Le paragraphe 5.5 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Un disjoncteur comportant un dispositif de fermeture dépendante à source d'énergie extérieure doit aussi être capable de s'ouvrir immédiatement après la manœuvre de fermeture au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

6.6 Fermeture à accumulation d'énergie [5.6]

Le paragraphe 5.6 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant au premier alinéa:

Un disjoncteur comportant un dispositif de fermeture à accumulation d'énergie doit aussi être capable de s'ouvrir immédiatement après la manœuvre de fermeture au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit.

6.7 Fonctionnement des déclencheurs [5.8]

6.7.1 Généralités

Le paragraphe 5.8 de la CEI 62271-1 est applicable avec les ajouts suivants:

6.7.2 Déclencheur à maximum de courant [5.8.101]

6.7.2.1 Courant de fonctionnement [5.8.101.1]

Un déclencheur à maximum de courant doit porter l'indication de son courant assigné en service continu et de son domaine de courant de réglage.

Dans les limites du domaine du courant de réglage, le déclencheur à maximum de courant doit toujours fonctionner pour des courants supérieurs ou égaux à 110 % du courant de

réglage et ne doit pas fonctionner pour des courants inférieurs ou égaux à 90 % de ce courant de réglage.

6.7.2.2 Temporisation [5.8.101.2]

Pour un déclencheur à maximum de courant à temporisation inverse, le retard doit être mesuré à partir de l'instant où la surintensité est établie, jusqu'à l'instant où le déclencheur actionne le mécanisme d'ouverture du disjoncteur.

Le constructeur doit fournir des tableaux ou des courbes, chacun avec les tolérances applicables, indiquant le retard en fonction du courant entre deux et six fois le courant de fonctionnement. Ces tableaux ou ces courbes doivent être fournis pour les valeurs limites de réglage du courant de fonctionnement et de la temporisation.

6.7.2.3 Courant de retour à la position initiale [5.8.101.3]

Si le courant dans le circuit principal tombe au-dessous d'une certaine valeur avant que l'intervalle de temps correspondant à la temporisation du déclencheur à maximum de courant se soit écoulé, le déclencheur ne doit pas poursuivre son fonctionnement et doit revenir à sa position initiale.

L'indication correspondante doit être donnée par le constructeur.

6.7.3 Déclencheurs multiples [5.8.102]

Si le disjoncteur est équipé avec des déclencheurs multiples de même fonction, un défaut sur un déclencheur ne doit pas influencer sur le fonctionnement des autres.

6.8 Verrouillages à basse et à haute pression [5.9]

Tous les disjoncteurs à accumulation d'énergie dans des réservoirs à gaz ou dans des accumulateurs oléopneumatiques (voir 5.6.1 de la CEI 62271-1) et tous les disjoncteurs utilisant un gaz comprimé pour la coupure (voir 6.11), à l'exception des appareils à pression scellés, doivent être équipés de dispositifs de verrouillage à basse pression réglés pour fonctionner aux valeurs limites appropriées de la pression ou à l'intérieur des limites de pression indiquées par le constructeur. Ils peuvent aussi être équipés de dispositifs de verrouillage à haute pression.

6.9 Plaques signalétiques [5.10]

Le paragraphe 5.10 de la CEI 62271-1 est applicable avec les ajouts suivants:

Les plaques signalétiques du disjoncteur et de ses organes de manœuvre doivent porter des indications conformes au Tableau 10 de la CEI 62271-100.

Les bobines des dispositifs de manœuvre doivent porter un repère permettant de retrouver les indications complètes chez le constructeur.

Les déclencheurs doivent porter les indications appropriées.

De plus, il est souhaitable que l'année de fabrication du disjoncteur soit reconnaissable.

La plaque signalétique doit être visible dans les positions de service et de montage normales.

6.10 Exigences pour la simultanété des pôles [5.101]

Le paragraphe 5.101 de la CEI 62271-100 n'est pas applicable aux disjoncteurs monophasés ferroviaires.

6.11 Exigence générale de fonctionnement [5.102]

Un disjoncteur muni de ses organes de manœuvre doit pouvoir effectuer sa séquence de manœuvres assignée (5.17) conformément aux indications correspondantes de 6.5 à 6.8 et 6.12.

Cette exigence n'est pas applicable aux organes de manœuvre manuels auxiliaires; lorsqu'ils sont fournis, ils ne doivent être utilisés que pour l'entretien et pour des manœuvres de secours sur un circuit hors tension.

6.12 Limites de pression du gaz comprimé pour la coupure dans le cas des disjoncteurs à gaz comprimé [5.103]

Le constructeur doit indiquer les pressions maximales et minimales du gaz comprimé pour la coupure, pour lesquelles le disjoncteur est capable de fonctionner suivant ses caractéristiques assignées et auxquelles les dispositifs de verrouillage appropriés à basse et haute pressions doivent être réglés (voir 6.8).

Pour les disjoncteurs à gaz comprimé à double pression, le constructeur peut spécifier les limites de pression pour lesquelles le disjoncteur est capable d'effectuer chacune des performances suivantes:

- a) la coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire une manœuvre "O";
- b) l'établissement de son pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, suivi immédiatement de la coupure de son pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire un cycle de manœuvre "CO";
- c) pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide: la coupure de leur pouvoir de coupure assigné en court-circuit suivie, après un intervalle de temps t de la séquence de manœuvres assignée (5.17), par l'établissement de leur pouvoir de fermeture assigné en court-circuit, immédiatement suivi par une nouvelle coupure de leur pouvoir de coupure assigné en court-circuit, c'est-à-dire une séquence de manœuvres "O - t - CO".

Le disjoncteur doit comporter des réserves d'énergie de capacité suffisante pour lui permettre d'accomplir de façon satisfaisante les manœuvres appropriées aux valeurs indiquées des pressions minimales correspondantes.

De plus, pour les disjoncteurs qui comportent des pompes ou des compresseurs individuels, le débit de la pompe ou du compresseur et la capacité des réservoirs doivent être suffisants pour permettre de réaliser la séquence de manœuvres assignée (5.17) pour tous les courants égaux ou inférieurs aux courants correspondant aux pouvoirs de fermeture et de coupure assignés en court-circuit du disjoncteur, avec une pression au début de la séquence de manœuvres qui doit être égale à la valeur appropriée de la pression minimale indiquée par le constructeur conformément aux exigences précédentes, la pompe ou le compresseur étant normalement en service. Lorsque cela est applicable, le constructeur peut spécifier les limites de pression pour le fonctionnement de la pompe ou du compresseur.

6.13 Orifice d'évacuation des gaz [5.104]

Les orifices d'évacuation des gaz des disjoncteurs doivent être placés de telle sorte que l'évacuation de l'huile, du gaz ou des deux, ne provoque pas d'amorçage électrique et soit dirigée en dehors de toute zone dans laquelle une personne quelconque est susceptible de se trouver.

La construction doit être telle que le gaz ne puisse s'accumuler à un endroit quelconque où l'inflammation peut être provoquée, pendant ou après la manœuvre, par des étincelles dues à la manœuvre normale du disjoncteur ou de ses équipements auxiliaires.

6.14 Dispositif de protection contre les surpressions

Lorsque l'acheteur le spécifie, le disjoncteur doit être équipé d'un dispositif permettant la détente des surpressions accidentelles sans rupture des enveloppes.

7 Essais de type [6]

7.1 Généralités

L'Article 6 de la CEI 62271-1 est applicable avec les ajouts suivants:

Les essais de type comportent également:

- les essais mécaniques et environnementaux, comprenant les essais de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant, les essais à haute et basse températures, l'essai à l'humidité, l'essai de vérification du fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace et l'essai avec des efforts statiques sur les bornes (voir 7.7);
- les essais d'établissement et de coupure de courants de court-circuit et les essais en discordance de phases, s'il y a lieu (voir 7.8 à 7.14);
- les essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs comprenant les essais de lignes à vide, de câbles à vide, de batterie unique de condensateurs et batteries de condensateurs à gradins (voir 7.15);
- les essais d'établissement et de coupure de faibles courants inductifs et magnétisants (voir 7.16).

NOTE Il est à noter que les disjoncteurs concernés par le présent document ont un niveau d'isolement U_{Nm} ne dépassant pas 72,5 kV et sont principalement des disjoncteurs unipolaires manœuvrant sous une des tensions de phase. Cependant, quelques disjoncteurs peuvent voir la tension de ligne à leurs bornes en position ouverte. Des disjoncteurs bipolaires sont souvent installés soit en série sur un circuit monophasé, soit sur des phases décalées de 180° ou encore sur deux phases différentes d'un système triphasé. Cependant, dans les deux derniers cas, les deux pôles du disjoncteur sont rarement appelés à manœuvrer simultanément pour établir ou couper le circuit.

En principe, chaque essai de type doit être effectué sur un disjoncteur à l'état neuf et propre, et les divers essais de type peuvent être effectués à des époques différentes et en des lieux différents.

Lorsque des essais sont effectués sur un disjoncteur dont le compte-rendu des essais de type a déjà été accepté, la responsabilité du constructeur est limitée aux valeurs spécifiées et non aux résultats obtenus au cours des essais de type effectués antérieurement.

Les détails relatifs aux enregistrements et aux comptes-rendus des essais de type concernant le fonctionnement en fermeture, coupure et passage de courant de courte durée sont donnés dans l'Annexe C de la CEI 62271-100.

7.2 Essais diélectriques [6.2]

7.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais [6.2.1]

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.2.2 Modalité des essais sous pluie [6.2.2]

Le paragraphe 6.2.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

NOTE Pour les disjoncteurs à cuve mise à la terre, voir la Note de 7.2.7.

7.2.3 Etat du disjoncteur pendant les essais diélectriques [6.2.3]

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.2.4 Application de la tension d'essai et conditions d'essai [6.2.5]

Le paragraphe 6.2.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.2.5 Tensions d'essai [6.2.6]

Le paragraphe 6.2.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.2.6 Essais de tension de choc de foudre et de choc de manœuvre [6.2.7.2, 6.2.7.3]

Les paragraphes 6.2.7.2 et 6.2.7.3 de la CEI 62271-1 sont applicables avec l'ajout suivant.

Essais de tension de choc de foudre

Lorsque les tensions de tenue assignées aux chocs de foudre sont choisies selon 5.4, une tension d'essai plus élevée peut être demandée pour l'essai de tenue du disjoncteur ouvert.

Dans ces conditions:

- la tension d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Les exigences de la CEI 62497-1 relatives aux tensions d'isolement doivent être prises en considération;
- la première série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à la valeur crête du niveau de tension retenue, la borne opposée étant mise à la terre. Les autres bornes (s'il y en a), la borne à laquelle la tension est appliquée et le châssis, peuvent être isolés de façon à éviter des décharges disruptives à la terre;
- la seconde série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à la tension de tenue assignée U_{Ni} . Les autres bornes et le châssis doivent être mis à la terre.

7.2.7 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle [6.2.7.1]

Le paragraphe 6.2.7.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Les valeurs de tension d'essai doivent être en accord avec le Tableau 1 et la CEI 62497-1.

Si, lors de l'essai sous pluie, une décharge disruptive se produit sur l'isolation externe auto-régénératrice, cet essai doit être répété dans les mêmes conditions d'essai et on doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas d'autres décharges disruptives.

NOTE Pour les disjoncteurs à cuve mise à la terre, les essais sous pluie peuvent être supprimés si les traversées ont été préalablement essayées selon les normes particulières EN/HD ou CEI.

7.2.8 Essais de pollution artificielle [6.2.8]

Le paragraphe 6.2.8 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

NOTE 1 Des essais appropriés au contrôle de l'isolation du disjoncteur en position d'ouverture sont à l'étude.

NOTE 2 Afin d'éviter de monter des disjoncteurs de grandes dimensions uniquement pour effectuer des essais, on peut, dans le cas de disjoncteurs de construction modulaire, effectuer les essais sur un seul module. Toutefois, dans cette hypothèse, la sévérité de l'essai est différente de celle de l'essai du pôle complet.

7.2.9 Essais de décharges partielles [6.2.9]

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

La réalisation d'essais de décharges partielles sur le disjoncteur complet n'est pas demandée.

Toutefois, pour les disjoncteurs comportant des éléments auxquels s'applique une norme CEI ou EN prévoyant des mesures de décharges partielles (par exemple pour les traversées, voir la CEI 60137), le constructeur doit prouver que ces éléments ont satisfait aux essais de décharges partielles prévus par la norme EN ou CEI particulière.

7.2.10 Essais des circuits auxiliaires et de commande [6.2.10]

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique [6.3]

Les essais de tension de perturbation radioélectrique doivent être effectués par accord entre le constructeur et l'acheteur.

Le paragraphe 6.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Les essais doivent être effectués sur un pôle du disjoncteur dans les deux positions de fermeture et d'ouverture.

7.4 Essais d'échauffement [6.5]

7.4.1 Etat du disjoncteur en essai [6.5.1]

Le paragraphe 6.5.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.4.2 Disposition de l'appareil [6.5.2]

Le paragraphe 6.5.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les ajouts suivants:

Dans le cas d'un disjoncteur non muni d'accessoires branchés en série, l'essai doit être effectué avec le courant assigné en service normal du disjoncteur.

Dans le cas d'un disjoncteur muni d'accessoires branchés en série possédant une gamme de courants assignés en service continu, il doit être procédé aux essais suivants:

- a) un essai sur le disjoncteur muni de l'accessoire branché en série ayant un courant assigné en service continu égal à celui du disjoncteur, et effectué au courant assigné en service continu du disjoncteur;
- b) une série d'essais sur le disjoncteur muni des accessoires prévus, et effectués avec des courants égaux au courant assigné en service continu de chaque accessoire.

Si les accessoires peuvent être séparés du disjoncteur et s'il est évident que leurs échauffements respectifs sont sans influence mutuelle appréciable, l'essai b) ci-dessus peut être remplacé par une série d'essais sur les accessoires seuls.

7.4.3 Mesures de la température et de l'échauffement [6.5.3]

Le paragraphe 6.5.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.4.4 Température de l'air ambiant [6.5.4]

Le paragraphe 6.5.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.4.5 Essais d'échauffement des équipements auxiliaires [6.5.5]

Le paragraphe 6.5.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.4.6 Interprétation des essais d'échauffement [6.5.6]

Le paragraphe 6.5.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.5 Mesure de la résistance du circuit principal [6.4.1]

Le paragraphe 6.4.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.6 Essais au courant admissible de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible [6.6]

Le paragraphe 6.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.6.1 Disposition du disjoncteur et du circuit d'essai [6.6.1]

Le paragraphe 6.6.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Si le disjoncteur est équipé de déclencheurs directs à maximum de courant, ceux-ci doivent être disposés pour l'essai de la bobine correspondant au courant de fonctionnement minimal et réglés pour fonctionner au courant maximal et avec le retard maximal; la bobine doit être reliée au côté source du circuit d'essai. Si le disjoncteur peut être utilisé sans déclencheurs directs à maximum de courant, il doit également être essayé sans eux.

7.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée [6.6.2]

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs directs à maximum de courant, c'est la séquence de manœuvre assignée, limitée aux seules manœuvres d'ouverture, qui doit être effectuée. Lorsque l'essai est effectué à la tension assignée, on doit utiliser alors la valeur du courant présumée.

7.6.3 Comportement du disjoncteur au cours de l'essai [6.6.3]

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.6.4 Etat du disjoncteur après les essais [6.6.4]

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

L'état des disjoncteurs équipés de déclencheurs directs à maximum de courant doit être conforme aux indications de 7.8.9.

7.7 Essais mécaniques et environnementaux [6.101]**7.7.1 Dispositions diverses pour les essais mécaniques et environnementaux [6.101.1]****7.7.1.1 Essais de composants [6.101.1.2]**

Lorsque l'essai du disjoncteur complet n'est pas possible, des essais de composants peuvent être acceptés comme essais de type. Il convient que le constructeur détermine les composants à soumettre aux essais.

Les composants sont des sous-ensembles fonctionnels séparés qui peuvent être utilisés indépendamment du disjoncteur complet (par exemple: unité de coupure, mécanisme de fonctionnement).

Lorsque les essais de composants sont réalisés, le constructeur doit apporter la preuve que la contrainte mécanique sur le composant pendant les essais n'est pas moindre que la contrainte mécanique appliquée au même composant lorsque le disjoncteur complet est essayé.

Les essais de composants doivent concerner tous les différents types de composants du disjoncteur complet, dans la mesure où l'essai est applicable au composant. Les conditions pour les essais de type doivent provenir des conditions normales ou particulières de fonctionnement ainsi que des caractéristiques assignées du disjoncteur.

Des parties de matériel auxiliaire et de commande qui ont été fabriquées conformément aux normes appropriées doivent être conformes à ces normes. La fonction spécifique de telles parties en liaison avec la fonction des autres parties du disjoncteur doit être vérifiée.

7.7.1.2 Caractéristiques et réglages du disjoncteur à enregistrer avant et après les essais [6.101.1.3]

Avant et après les essais, les caractéristiques et réglages de fonctionnement suivants doivent être enregistrés ou évalués quand cela est applicable:

- a) durée de fermeture;
- b) durée d'ouverture;
- c) écart de fonctionnement d'un pôle;
- d) non applicable;
- e) durée de réarmement du dispositif de commande;
- f) consommation du circuit de commande;
- g) consommation des dispositifs de déclenchement, enregistrement éventuel du courant des déclencheurs;
- h) durée de l'impulsion de l'ordre d'ouverture et de l'ordre de fermeture;
- i) étanchéité;
- j) masses volumiques ou pressions de gaz;
- k) résistance du circuit principal;
- l) autres caractéristiques importantes ou réglages de fonctionnement, conformément aux indications du constructeur.

Et, si la conception du disjoncteur permet ces mesures:

- m) diagramme espace-temps;
- n) vitesse de fermeture;
- o) vitesse d'ouverture.

Les caractéristiques de fonctionnement énumérées ci-dessus doivent être enregistrées:

- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement assignées;
- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement maximales;
- à la tension d'alimentation et à la pression de fonctionnement minimales;
- à la tension d'alimentation minimale et à la pression de fonctionnement maximale.

7.7.1.3 Etat du disjoncteur pendant et après les essais [6.101.1.4]

Pendant et après les essais, le disjoncteur doit être capable de fonctionner normalement, de supporter son courant assigné en service continu, d'établir et de couper son courant de court-circuit assigné et de tenir les valeurs de tension correspondant à son niveau d'isolement assigné.

Ces exigences sont en général remplies lorsque:

- pendant les essais, le disjoncteur fonctionne sur ordre et ne fonctionne pas sans ordre;
- pendant et après les essais, les caractéristiques mesurées conformément à 7.7.1.2 sont comprises dans les tolérances données par le constructeur;
- pendant et après les essais, tous les éléments constitutifs, y compris les contacts, ne présentent pas d'usure excessive;
- après les essais, les contacts protégés par un revêtement sont tels qu'une couche de protection subsiste dans la zone de contact. Si ce n'est pas le cas, les contacts doivent être considérés comme nus et les exigences d'essais sont remplies seulement si l'échauffement des contacts lors d'un essai d'échauffement (conformément à 7.4) n'excède pas la valeur autorisée pour les contacts nus;
- pendant et après les essais, toute déformation des parties mécaniques n'a pas d'effet préjudiciable au bon fonctionnement du disjoncteur ni n'empêche le montage correct de toute pièce de rechange;
- après les essais, les propriétés d'isolement du disjoncteur en position d'ouverture doivent être nécessairement les mêmes qu'avant les essais. L'examen visuel du disjoncteur après les essais est habituellement suffisant pour vérifier ces propriétés. En cas de doute, l'essai de vérification selon 6.2.11 de la CEI 62271-1 est estimé suffisant pour prouver les propriétés d'isolement. L'essai de vérification est obligatoire pour les disjoncteurs dont les éléments de coupure sont scellés à vie.

7.7.1.4 Etat des équipements auxiliaires et de commande pendant et après les essais [6.101.1.5]

Pendant et après les essais, les conditions suivantes pour les équipements auxiliaires et de commande doivent être remplies:

- pendant les essais, il convient de prendre des précautions pour éviter des échauffements anormaux;
- pendant les essais, un jeu de contacts (contacts auxiliaires à fermeture et à ouverture) doivent être disposés pour établir et couper le courant des circuits qu'ils commandent (voir 6.4);
- pendant et après les essais, les équipements auxiliaires et de commande doivent remplir leurs fonctions;
- pendant et après les essais, la tenue diélectrique des circuits auxiliaires, des interrupteurs auxiliaires et de l'équipement de commande ne doit pas être diminuée. En cas de doute, les essais selon 6.2.10 de la CEI 62271-1 doivent être effectués;
- pendant et après les essais, la résistance de contact des interrupteurs auxiliaires ne doit pas être notablement modifiée. L'échauffement lors de la circulation du courant assigné ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées (voir Tableau 3 de la CEI 62271-1).

7.7.2 Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant [6.101.2]

7.7.2.1 Généralités [6.101.2.1]

L'essai de fonctionnement mécanique doit être effectué à la température de l'air ambiant à l'emplacement d'essai. Il convient d'enregistrer cette température de l'air ambiant dans le rapport d'essai. Les équipements auxiliaires formant partie intégrante des dispositifs de manœuvre doivent être inclus.

L'essai de fonctionnement mécanique comporte 5 000 cycles de manœuvre.

A l'exception des disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, l'essai doit être effectué sans tension ni courant dans le circuit principal.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, environ 10 % du nombre total de cycles de manœuvre doivent être effectués avec le dispositif d'ouverture

alimenté par le courant du circuit principal. Ce courant doit être le courant minimal nécessaire pour faire fonctionner le déclencheur à maximum de courant. Pour ces essais, le courant alimentant les déclencheurs à maximum de courant peut être fourni par une source basse tension appropriée.

Pendant l'essai, la lubrification est autorisée conformément aux instructions du constructeur, mais aucun réglage mécanique ni maintenance d'aucune sorte ne sont permis.

On doit considérer l'essai du disjoncteur comme satisfaisant si, à la fin des essais, il conserve ses caractéristiques électriques et mécaniques.

7.7.2.2 Etat du disjoncteur avant l'essai [6.101.2.2]

Le disjoncteur destiné aux essais doit être monté sur son propre support et son mécanisme de commande doit être manœuvré de la façon indiquée. Il doit être essayé, selon son dispositif de manœuvre, de la façon suivante:

Un disjoncteur bipolaire manœuvré par un seul dispositif de manœuvre et/ou dont tous les pôles sont montés sur un châssis commun doit être essayé comme un appareil complet.

Un disjoncteur bipolaire dans lequel chaque pôle est manœuvré par un mécanisme séparé peut être essayé en considérant chaque pôle comme un disjoncteur séparé en ce qui concerne:

- la vitesse de fermeture;
- la vitesse d'ouverture;
- la puissance et la robustesse du mécanisme d'ouverture et de fermeture;
- la rigidité de la structure.

7.7.2.3 Description de l'essai [6.101.2.3]

Le disjoncteur doit être essayé conformément au Tableau 7.

Tableau 7 – Essai de fonctionnement mécanique à la température ambiante

Séquence de manœuvres	Tension de commande et pression de fonctionnement	Nombre de séquences de manœuvres pour des disjoncteurs	
		avec refermeture automatique	sans refermeture automatique
C - t _a - O - t _a	minimales	1 250	1 250
	assignées	1 250	1 250
	maximales	1 250	1 250
O - t - CO - t _a - C - t _a	assignées	625	-
CO - t _a	assignées	-	1 250

où:

- O est l'ouverture;
- C est la fermeture;
- CO est la manœuvre de fermeture suivie immédiatement (c'est-à-dire sans délai intentionnel) d'une manœuvre d'ouverture;
- t_a est l'intervalle de temps entre deux manœuvres, qui est nécessaire pour retrouver les conditions initiales et/ou pour éviter un échauffement excessif des organes du disjoncteur (cette durée peut varier selon le type de manœuvre);

t = 0,3 s pour les disjoncteurs prévus pour fonctionner en refermeture automatique rapide, sauf spécification contraire.

7.7.3 Essais à haute et basse températures [6.101.3]

7.7.3.1 Généralités [6.101.3.1]

Les essais à haute et basse températures doivent être uniquement effectués après accord entre le constructeur et l'acheteur. Il n'est pas nécessaire d'exécuter les deux essais successivement, et l'ordre dans lequel ils sont effectués est arbitraire. Pour les disjoncteurs d'intérieur de classe -5 °C , l'essai à basse température n'est pas exigé.

Pour les disjoncteurs unipolaires ou bipolaires avec pôles indépendants, on doit effectuer l'essai d'un pôle complet.

Du fait des limitations des installations d'essais, les disjoncteurs sous enveloppes multiples peuvent être essayés, suivant une ou plusieurs des variantes suivantes, à condition que le disjoncteur, dans sa disposition pour les essais, ne soit pas placé dans des conditions plus favorables que les conditions normales pour le fonctionnement mécanique (voir 7.7.2.2):

- a) longueur réduite d'isolement par rapport à la terre;
- b) distance réduite entre pôles;
- c) nombre réduit de modules.

Si des sources de chaleur sont exigées, elles doivent être en service.

Les alimentations en liquide ou en gaz pour la manœuvre du disjoncteur doivent être à la température de l'air ambiant, à moins que la conception du disjoncteur n'exige une source de chaleur pour ces alimentations.

Pendant l'essai, aucune maintenance, remplacement de pièces, lubrification ou réglage du disjoncteur n'est autorisé.

NOTE Il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des essais d'une durée plus importante que celle qui est spécifiée dans les articles suivants, afin d'établir les caractéristiques de tenue à la température du matériau, de vieillissement, etc.

En variante des méthodes données dans la présente norme, un constructeur peut établir la conformité aux exigences de fonctionnement pour un type de disjoncteur bien connu, en fournissant une documentation sur l'expérience satisfaisante en réseau, au moins en un lieu où les températures de l'air ambiant sont fréquemment égales ou supérieures à la température maximale de l'air ambiant spécifiée de 40 °C , et au moins dans un lieu où la température de l'air ambiant est égale aux températures minimales de l'air ambiant spécifiées de -25 °C ou -40 °C suivant la classe du disjoncteur (voir l'Article 2 de la CEI 62271-1).

7.7.3.2 Mesure de la température de l'air ambiant [6.101.3.2]

La température de l'air ambiant de l'environnement d'essai doit être mesurée à mi-hauteur du disjoncteur et à une distance de 1 m de celui-ci.

L'écart maximal de température le long de la hauteur du disjoncteur ne doit pas excéder 5 K.

7.7.3.3 Essai à basse température [6.101.3.3]

Le schéma représentant les séquences d'essais et l'identification des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la Figure 17a de la CEI 62271-100.

Si l'essai à basse température est effectué immédiatement après l'essai à haute température, l'essai à basse température peut commencer après la fin du point j) de l'essai à haute température, en omettant les points a) et b) suivants.

- a) Le disjoncteur en essai doit être réglé conformément aux instructions du constructeur.
- b) Les caractéristiques et les réglages du disjoncteur doivent être enregistrés conformément à 7.7.1.2 et à une température de l'air ambiant de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (s'il est applicable) doit être effectué conformément à 6.8 de la CEI 62271-1.
- c) Le disjoncteur étant en position de fermeture, la température de l'air doit être abaissée à la température minimale de l'air ambiant (T_L) appropriée, selon la classe du disjoncteur. Les valeurs de T_L peuvent être $-25 ^\circ\text{C}$ ou $-40 ^\circ\text{C}$, selon le cas. Le disjoncteur doit être maintenu en position de fermeture pendant 24 h après stabilisation de la température de l'air ambiant T_L .
- d) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position de fermeture à la température T_L , un essai d'étanchéité doit être effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable, pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir 6.8 de la CEI 62271-1).
- e) Après avoir été soumis pendant 24 h à la température T_L , le disjoncteur doit être ouvert, puis fermé aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées d'ouverture et de fermeture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.
- f) Le comportement à basse température du disjoncteur et le fonctionnement de ses systèmes d'alarme et de verrouillage doivent être contrôlés en interrompant l'alimentation des dispositifs de chauffage pendant une durée t_x . Pendant cette période, l'apparition de l'alarme est acceptable mais pas celle du verrouillage. A la fin de la période t_x , un ordre d'ouverture, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, doit être donné. Le disjoncteur doit alors s'ouvrir. Le temps d'ouverture doit être enregistré (et la vitesse des contacts doit être mesurée, si cela est possible) pour permettre l'évaluation du pouvoir de coupure. Le constructeur doit déclarer la durée t_x acceptable sans puissance auxiliaire délivrée aux dispositifs de chauffage, après laquelle le disjoncteur peut encore être manœuvré. En l'absence d'une telle indication, cette valeur doit être égale à 2 h.
- g) Le disjoncteur doit être laissé en position d'ouverture pendant 24 h.
- h) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position d'ouverture à la température T_L , un essai d'étanchéité doit être effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable, pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir 6.8 de la CEI 62271-1).
- i) A l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres de fermeture et 50 manœuvres d'ouverture doivent être effectuées, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, le disjoncteur étant maintenu à la température T_L . Un intervalle d'au moins 3 min doit être observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres de fermeture et d'ouverture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à basse température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts. Après la première manœuvre de fermeture (C) et la première manœuvre d'ouverture (O), trois cycles de manœuvres CO (sans retard intentionnel) doivent être effectués. Les manœuvres supplémentaires doivent être effectuées avec des séquences de manœuvres C - t_a - O - t_a (t_a est défini en 7.7.2.3).
- j) Après réalisation des 50 manœuvres de fermeture et des 50 manœuvres d'ouverture, la température de l'air doit être élevée à la température de l'air ambiant T_A , avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure. Pendant la variation de température, le disjoncteur doit être soumis à des séquences de manœuvres alternées C - t_a - O - t_a - C et O - t_a - C - t_a - O, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Il convient d'effectuer les séquences de manœuvres alternées à 30 min d'intervalle, afin que le disjoncteur reste dans les positions d'ouverture et de fermeture pendant ces périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.

- k) Après stabilisation thermique du disjoncteur à la température de l'air ambiant T_A , on doit vérifier à nouveau les réglages du disjoncteur, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité comme aux points a) et b), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

Les fuites cumulées lors de l'ensemble des séquences d'essais à basse température du point b) au point k) doivent être telles que la pression de verrouillage ne soit pas atteinte sans complément de remplissage de gaz (mais il est admis que la pression d'alarme soit atteinte).

7.7.3.4 Essai à haute température [6.101.3.4]

Le schéma représentant les séquences d'essais et l'identification des points d'application des essais spécifiés sont donnés dans la Figure 17b de la CEI 62271-100.

Si l'essai à haute température est effectué immédiatement après l'essai à basse température, il est admis de commencer l'essai à haute température après la fin du point k) ci-dessus de 7.7.3.3, en omettant les points a) et b) ci-dessous.

- a) Le disjoncteur en essai doit être réglé conformément aux instructions du constructeur.
- b) Les caractéristiques et les réglages du disjoncteur doivent être enregistrés conformément à 7.7.1.2 et à une température de l'air ambiant de $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité (s'il est applicable) doit être effectué conformément à 6.8 de la CEI 62271-1.
- c) Le disjoncteur étant en position de fermeture, la température de l'air doit être portée à 40°C et le disjoncteur doit être maintenu en position de fermeture pendant 24 h après stabilisation de la température de l'air ambiant à 40°C .

NOTE Si l'influence du rayonnement solaire est à prendre en considération, il est nécessaire de simuler les conditions naturelles de rayonnement, par exemple l'intensité et la direction du rayonnement. Voir la CEI 60068-2-5. L'attention est attirée sur le fait qu'une élévation de la température de l'air ambiant du local d'essai ne simule pas cet effet de rayonnement.

- d) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position de fermeture à la température de 40°C , un essai d'étanchéité doit être effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable, pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir 6.8 de la CEI 62271-1).
- e) Après avoir été soumis pendant 24 h à la température de 40°C , le disjoncteur doit être ouvert, puis fermé aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Les durées d'ouverture et de fermeture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.
- f) Le disjoncteur doit être laissé en position d'ouverture pendant 24 h à la température de 40°C .
- g) Pendant la période de 24 h durant laquelle le disjoncteur est en position d'ouverture à la température de 40°C , un essai d'étanchéité doit être effectué (s'il est applicable). Un taux de fuite accru est acceptable, pourvu qu'il reprenne sa valeur initiale lorsque le disjoncteur est ramené à la température de l'air ambiant T_A et qu'il est thermiquement stable. Le taux de fuite accru temporairement ne doit pas excéder trois fois la valeur admissible spécifiée F_p (voir 6.8 de la CEI 62271-1).
- h) A l'issue de la période de 24 h, 50 manœuvres de fermeture et 50 manœuvres d'ouverture doivent être effectuées, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement, le disjoncteur étant maintenu à la température de 40°C . Un intervalle d'au moins 3 min doit être observé pour chaque cycle ou séquence. Les premières manœuvres de fermeture et d'ouverture doivent être enregistrées afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement à haute température. Il convient, si cela est possible, d'enregistrer la vitesse des contacts.

Après la première manœuvre de fermeture (C) et la première manœuvre d'ouverture (O), trois cycles CO (sans retard intentionnel) doivent être effectués. Les manœuvres

supplémentaires doivent être effectuées avec des séquences de manœuvres C - t_a - O - t_a (t_a est défini en 7.7.2.3).

- i) Après réalisation des 50 manœuvres de fermeture et des 50 manœuvres d'ouverture, la température de l'air doit décroître jusqu'à la température de l'air ambiant T_A , avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.

Pendant la variation de température, le disjoncteur doit être soumis à des séquences de manœuvres alternées C - t_a - O - t_a - C et O - t_a - C - t_a - O, aux valeurs assignées de la tension d'alimentation et de la pression de fonctionnement. Il convient d'effectuer les séquences de manœuvres alternées à 30 min d'intervalle, afin que le disjoncteur reste dans les positions d'ouverture et de fermeture pendant ces périodes de 30 min entre les séquences de manœuvres.

- j) Après stabilisation thermique du disjoncteur à la température de l'air ambiant T_A , on doit vérifier à nouveau les réglages du disjoncteur, les caractéristiques de fonctionnement et d'étanchéité comme aux points a) et b), afin de les comparer avec les caractéristiques initiales.

Les fuites cumulées lors de l'ensemble des séquences d'essais à haute température du point b) au point j) doivent être telles que la pression de verrouillage ne soit pas atteinte sans complément de remplissage de gaz (mais il est admis que la pression d'alarme soit atteinte).

7.7.4 Essai à l'humidité [6.101.4]

7.7.4.1 Généralités [6.101.4.1]

L'essai à l'humidité doit être effectué par accord entre constructeur et acheteur et se limite aux composants du disjoncteur susceptibles d'être affectés par l'humidité.

La procédure d'essai décrite en 7.7.4.2 est applicable aux composants dont la constante de temps thermique est d'environ 10 min.

NOTE L'essai des composants ayant une constante de temps thermique plus élevée est à l'étude.

7.7.4.2 Procédure d'essai [6.101.4.2]

Les composants du disjoncteur doivent être disposés dans une chambre d'essai contenant de l'air brassé, dans laquelle les conditions de température et d'humidité sont les suivantes:

- la température de la salle subit des variations cycliques de $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ à $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$, conformément à la Figure 18 de la CEI 62271-100;
- l'humidité relative à l'intérieur de la salle est constamment supérieure à 95 % pendant la montée de la température et pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à 40°C .

NOTE 1 Pour obtenir ces conditions, il convient d'injecter directement dans la salle de la vapeur ou de vaporiser de l'eau chaude; la montée de 25°C à 40°C peut être obtenue avec l'apport de chaleur provenant de la vapeur ou de l'eau vaporisée ou, si nécessaire, d'éléments chauffants supplémentaires.

Aucune valeur de l'humidité relative n'est spécifiée pendant la descente de la température, par contre l'humidité doit être supérieure à 80 % pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à 25°C .

L'air doit être brassé afin de rendre homogène la répartition de l'humidité dans la salle.

L'eau utilisée pour créer l'humidité doit être telle que l'eau recueillie dans la salle ait une résistivité égale ou supérieure à $100 \Omega\text{m}$ et ne contienne ni sel (NaCl), ni élément corrosif.

NOTE 2 Si les possibilités de la chambre d'essai le permettent, les temps t_1 et t_3 peuvent être diminués, mais il convient d'augmenter d'autant les temps t_2 et t_4 , de façon à conserver $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ constants.

Le nombre de cycles doit être de 350.

Après l'essai, les caractéristiques de fonctionnement des composants du disjoncteur doivent demeurer inchangées. Les circuits auxiliaires et de commande doivent tenir une tension à fréquence industrielle de 1,5 kV pendant 60 s. Il convient d'indiquer dans le rapport d'essai le degré éventuel de corrosion.

7.7.5 Essai pour vérifier le fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace [6.101.5]

L'essai dans des conditions sévères de formation de glace est applicable seulement aux disjoncteurs d'extérieur ayant des parties mobiles externes et pour lesquels il a été spécifié une classe d'épaisseur de glace de 10 mm ou 20 mm. L'essai doit être effectué dans les conditions décrites dans la CEI 62271-102.

7.7.6 Guide pour l'essai avec des efforts statiques sur les bornes [6.101.6]

7.7.6.1 Généralités [6.101.6.1]

L'essai avec des efforts statiques sur les bornes est applicable seulement aux disjoncteurs d'extérieur de tension assignée supérieure ou égale à 52 kV.

Si ceci est exigé pour les disjoncteurs de tension inférieure à 52 kV, l'essai avec des efforts statiques sur les bornes est effectué par accord entre le constructeur et l'acheteur, et son but est de démontrer que le disjoncteur fonctionne correctement quand des contraintes résultant de la glace, du vent et du raccordement des conducteurs lui sont appliquées.

La couche de glace et la pression de vent sur le disjoncteur doivent être conformes aux indications de 2.1.2 de la CEI 62271-1.

Quelques efforts dus à des conducteurs flexibles ou tubulaires raccordés sont donnés dans le Tableau 14 de la CEI 62271-100.

L'effort de traction dû aux conducteurs raccordés est supposé s'appliquer à l'extrémité de la borne du disjoncteur.

Pour l'action simultanée de la glace, du vent et du raccordement des conducteurs, les efforts résultants sur les bornes F_{shA} , F_{shB} et F_{sv} respectivement (voir Figure 19 de la CEI 62271-100) sont définis comme efforts statiques assignés sur les bornes.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais si le constructeur peut prouver par le calcul que le disjoncteur peut supporter les contraintes.

7.7.6.2 Essais [6.101.6.2]

Les essais doivent être effectués à la température de l'air ambiant du local d'essai.

Les essais doivent être effectués sur un pôle complet du disjoncteur.

Les essais doivent être effectués séparément, en premier lieu avec un effort horizontal F_{shA} appliqué dans l'axe longitudinal des bornes (direction A de la Figure 20 de la CEI 62271-100), en second lieu avec un effort horizontal F_{shB} appliqué successivement dans deux directions orthogonales à l'axe longitudinal des bornes (directions B1 et B2 de la Figure 20), et en troisième lieu avec un effort vertical F_{sv} appliqué successivement dans deux directions (directions C1 et C2 de la Figure 20). Pour éviter l'application au centre de poussée d'un effort spécial représentant l'effort du vent, cet effort de vent peut être appliqué à la borne (voir Figure 19 de la CEI 62271-100) et réduit en amplitude proportionnellement à l'augmentation du bras de levier (il convient que le moment de flexion à la partie la plus basse du disjoncteur soit le même).

Deux cycles de manœuvres doivent être effectués pour chacun des cinq essais spécifiés d'effort sur les bornes.

7.8 Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure [6.102]

7.8.1 Généralités [6.102.1]

Un disjoncteur unipolaire doit établir et couper des courants de court-circuit monophasé, symétrique et asymétrique, entre 10 % (ou des valeurs plus faibles de courant spécifiées en 7.13.2 si 7.13.1 est applicable) et 100 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit à la tension assignée (U_{Ne}).

Pour un disjoncteur bipolaire, toutes les exigences concernant l'établissement et la coupure en court-circuit doivent être vérifiées avec un disjoncteur bipolaire dont tous les pôles fonctionnent ensemble, dans le cas où les deux pôles sont en série et/ou prévus pour opérer simultanément.

Si les essais sont effectués dans un laboratoire, la tension appliquée, le courant, la tension transitoire de rétablissement et la tension de rétablissement à fréquence industrielle doivent être obtenus à partir d'une source unique de puissance (essais directs) ou, dans des cas extrêmes, peu probables pour des disjoncteurs de traction, à partir de plusieurs sources, de telle sorte que la totalité du courant de court-circuit, ou sa majeure partie, soit obtenue à partir d'une source, et la tension transitoire de rétablissement, ou sa majeure partie, à partir d'une ou plusieurs sources séparées (essais synthétiques).

A cause des caractéristiques des disjoncteurs utilisés pour la traction, seuls des essais unipolaires sont susceptibles d'être appliqués. Dans ces cas, cependant, où un disjoncteur bipolaire est appelé à être manœuvré pour établir ou couper simultanément le circuit monophasé (voir la Note de 7.1 ci-dessus), les deux pôles sont considérés comme deux éléments dans les essais par éléments séparés. Pour d'autres applications, les procédures d'essai, reflétant autant que possible les conditions de fonctionnement, doivent être soumises à accord entre acheteur et fournisseur.

7.8.2 Exigences particulières pour les essais des disjoncteurs unipolaires

7.8.2.1 Essai unipolaire [6.102.1.1]

Selon cette méthode, un disjoncteur unipolaire est essayé en monophasé en appliquant au pôle le même courant et pratiquement la même tension à fréquence industrielle que subirait le pôle à l'établissement ou à la coupure dans les conditions correspondantes.

7.8.2.2 Essai par éléments séparés [6.102.1.2]

Les disjoncteurs pour les applications ferroviaires ne sont généralement pas constitués d'éléments de coupure connectés en série et sont donc essayés en pôle complet. Au cas où ils seraient constitués de plusieurs éléments, alors l'essai par éléments séparés est autorisé et doit être en accord avec les articles particuliers de la CEI 62271-100.

7.8.3 Disposition du disjoncteur pour les essais [6.102.3]

7.8.3.1 Généralités [6.102.3.1]

Le disjoncteur à essayer doit être monté complet sur son propre support ou sur un support équivalent. Un disjoncteur fourni comme partie intégrante d'une cellule doit être monté sur son propre support, dans sa cellule complète comprenant les équipements de sectionnement et les événements faisant partie de la cellule et, lorsque cela est possible, les jeux de barres et les principales connexions. Son dispositif de commande doit être actionné dans des conditions spécifiées et, en particulier, si le mécanisme est à commande électrique, pneumatique ou hydraulique, il doit être alimenté sous la tension minimale ou bien sous la pression minimale

au début de la séquence de manœuvres, ainsi qu'il est spécifié en 5.10, 5.12 et 6.7, sauf spécification contraire dans les articles particuliers.

Il doit être vérifié que le disjoncteur fonctionne correctement à vide lorsqu'il est actionné dans les conditions ci-dessus, tel que spécifié en 7.8.6.

Les disjoncteurs à soufflage de gaz doivent être essayés aux pressions minimales du gaz comprimé pour la coupure correspondant à la série des manœuvres à effectuer, tel que spécifié en 6.11, sauf spécification contraire dans les articles particuliers.

NOTE L'arrachement de courant peut être plus important à la pression de commande maximale et/ou à la pression ou densité du gaz maximale.

Le disjoncteur bipolaire doit être essayé comme indiqué ci-après:

a) Disjoncteur à enveloppe unique

Un disjoncteur bipolaire, dont tous les contacts d'arc sont contenus dans une enveloppe commune, doit être essayé comme un disjoncteur bipolaire complet sur un circuit monophasé.

Les raisons sont les suivantes:

- possibilité d'amorçage entre pôles ou à la terre, dû à l'influence des gaz d'échappement;
- différences possibles de l'état du fluide d'extinction (pressions, températures, niveaux de pollution, etc.);
- possibilité de contraintes différentes sur le mécanisme de commande.

b) Disjoncteur à enveloppes multiples

Un disjoncteur bipolaire constitué de deux appareils unipolaires indépendants peut être essayé en monophasé conformément à 7.8.2.1.

7.8.3.2 Disjoncteurs munis de déclencheurs à maximum de courant [6.102.3.4]

Compte tenu des dispositions de 7.9.4, les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant doivent être installés pour les séquences d'essais T10 à T100a (7.12), comme spécifié ci-après, et les bobines des déclencheurs à maximum de courant doivent être connectées du côté sous tension du circuit d'essai:

Les déclencheurs utilisés sont munis de la bobine correspondant au courant de fonctionnement assigné maximal, prévue pour montage sur le disjoncteur, et ils sont réglés au courant de fonctionnement et au retard maximaux pour les séquences d'essais T10, T30, T60 et T100s et minimaux pour la séquence d'essais T100a.

NOTE Lorsque le retard ci-dessus est trop grand pour permettre un enregistrement convenable à l'oscillographe, il doit être permis d'utiliser un réglage de retard plus court, ou encore, de supprimer l'action du temporisateur dans le cas des seules séquences d'essais T10 et T30.

7.8.4 Considérations générales concernant les méthodes d'essais [6.102.4]

Le paragraphe 6.102.4 de la CEI 62271-100 est applicable à l'exception de 6.102.4.1.

7.8.5 Essais synthétiques [6.102.5]

Les essais synthétiques ne sont probablement pas nécessaires pour les disjoncteurs pour applications ferroviaires. Si le cas se présentait, il faudrait se référer à 6.102.5 de la CEI 62271-100.

7.8.6 Manœuvres à vide avant les essais [6.102.6]

Avant d'entreprendre les essais d'établissement et de coupure, on doit effectuer des manœuvres à vide au cours desquelles les caractéristiques de fonctionnement du disjoncteur, telles que la vitesse de déplacement, la durée de fermeture et la durée d'ouverture doivent être enregistrées.

Dans le cas d'un disjoncteur muni d'un déclencheur sous courant de fermeture, celui-ci ne doit pas fonctionner au cours des essais à vide.

Dans le cas de disjoncteurs à commande électrique, les manœuvres doivent être faites en alimentant le solénoïde de fermeture à 105 %, 100 % et 85 % de la tension d'alimentation assignée du dispositif de fermeture, et les déclencheurs shunt d'ouverture à 110 %, 100 % et 85 % en courant alternatif ou à 110 %, 100 % et 70 % en courant continu, de la tension d'alimentation assignée.

Dans le cas des dispositifs de fermeture et d'ouverture à commande pneumatique ou oléopneumatique, les manœuvres doivent être faites dans les conditions suivantes, en se référant aux valeurs de pression minimale, assignée et maximale spécifiées en 6.5 et 6.6:

- a) à la pression minimale, les déclencheurs shunt d'ouverture étant alimentés à 85 % en courant alternatif, ou 70 % en courant continu, et les déclencheurs shunt de fermeture étant alimentés à 85 % de la tension d'alimentation assignée;
- b) à la pression assignée, les déclencheurs shunt étant alimentés à la tension d'alimentation assignée;
- c) à la pression maximale, les déclencheurs shunt étant alimentés à 110 % de la tension d'alimentation assignée;
- d) à la pression maximale, les déclencheurs shunt d'ouverture étant alimentés à 85 % en courant alternatif, ou 70 % en courant continu, et les déclencheurs shunt de fermeture étant alimentés à 85 % de la tension d'alimentation assignée.

Dans le cas de disjoncteurs à commande par ressort, les manœuvres doivent être faites en alimentant les déclencheurs shunt de fermeture à 110 %, 100 % et 85 % de la tension d'alimentation assignée, et les déclencheurs shunt d'ouverture à 110 %, 100 % et 85 % en courant alternatif, ou à 110 %, 100 % et 70 % en courant continu, de la tension d'alimentation assignée.

7.8.7 Mécanismes de fermeture différents [6.102.7]

Si le disjoncteur est destiné à être utilisé avec différents types de mécanismes de fermeture, une série séparée de séquences d'essais de court-circuit doit être effectuée pour chaque type de mécanisme, à moins qu'il ne soit prouvé que le changement de mécanisme n'affecte pas les performances communes, en particulier en ce qui concerne les caractéristiques d'ouverture du disjoncteur.

Si cela peut être montré de manière satisfaisante, on n'exige qu'une seule série complète de séquences d'essais de court-circuit effectuée avec un des mécanismes différents, mais toute séquence d'essais de court-circuit qui comprend des manœuvres de fermeture (voir 7.12.5) doit être répétée avec chacun des mécanismes différents.

7.8.8 Comportement du disjoncteur pendant les essais [6.102.8]

Pendant les essais d'établissement et de coupure, le disjoncteur ne doit pas présenter de signes exagérés de fatigue, ni mettre en danger l'opérateur. En ce qui concerne les disjoncteurs à huile, il ne doit pas y avoir d'émissions extérieures de flammes et les gaz produits, ainsi que l'huile entraînée par ces gaz, doivent être canalisés et dirigés à l'extérieur du disjoncteur dans une direction opposée à toute pièce conductrice sous tension et aux emplacements où des personnes peuvent se trouver.

Pour les autres types de disjoncteurs, s'il y a une émission appréciable de flammes ou de particules métalliques, on peut demander que les essais de court-circuit soient effectués avec des écrans métalliques placés au voisinage des parties sous tension et à la distance de sécurité spécifiée par le constructeur.

Les écrans doivent être isolés de la terre, mais y sont reliés à travers un dispositif convenable permettant de déceler tout passage d'un courant de fuite significatif à la terre.

Ce dispositif ne doit indiquer aucun passage significatif du courant de fuite pendant les essais, vers le bâti mis à la terre du disjoncteur ou vers les écrans si l'appareil en est muni. En cas de doute, il est recommandé de relier à la terre les parties qui sont mises à la terre, etc., par un fusible consistant en un fil de cuivre de 0,1 mm de diamètre et de 50 mm de longueur. Il est admis qu'aucune fuite significative ne s'est produite si ce fusible est intact après l'essai.

Dans certaines circonstances, il est peut être nécessaire de maintenir une liaison électrique permanente entre le bâti du disjoncteur et la terre. Dans de tels cas, il est permis de mettre le bâti à la terre par l'intermédiaire de l'enroulement primaire d'un transformateur convenable de rapport 1:1, avec le fusible connecté aux bornes de l'enroulement secondaire du transformateur et avec un éclateur de protection sur les bornes secondaires.

Les surtensions produites pendant les essais de coupure de lignes à vide, de câbles à vide, de batteries de condensateurs et de faibles courants inductifs, ne doivent pas dépasser les surtensions de manœuvre maximales admissibles spécifiées par le constructeur (voir 5.19 à 5.22 et 5.24). Il ne doit pas se produire de contournement extérieur.

7.8.9 Etat du disjoncteur après les essais [6.102.9]

7.8.9.1 Généralités [6.102.9.1]

Le disjoncteur peut être examiné après n'importe quelle séquence d'essais. Ses éléments mécaniques et les isolateurs doivent être pratiquement dans le même état qu'avant la série d'essais. L'examen visuel est habituellement suffisant pour la vérification des propriétés d'isolement. En cas de doute, l'essai de vérification selon 6.2.11 de la CEI 62271-1 est estimé suffisant pour prouver les propriétés d'isolement. L'essai de vérification est obligatoire pour les disjoncteurs dont les éléments de coupure sont scellés à vie et quand le démontage fausserait les conclusions de l'examen, ce qui peut être le cas pour certains disjoncteurs sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

7.8.9.2 Etat après une séquence d'essais de court-circuit [6.102.9.2]

Après chaque séquence d'essais de court-circuit, le disjoncteur doit être capable d'établir et de couper son courant assigné en service continu sous sa tension assignée. Toutefois, il est admis que ses possibilités de fermeture et de coupure en court-circuit soient notablement réduites.

Les contacts principaux doivent être dans un état tel, en particulier en ce qui concerne l'usure due à l'arc, la surface de contact, la pression et la liberté de mouvement, qu'ils puissent supporter le courant assigné en service continu du disjoncteur sans que leur échauffement ne dépasse de plus de 10 K les valeurs spécifiées pour ces contacts dans le Tableau 3 de la CEI 62271-1. En cas de doute, il peut être nécessaire d'effectuer un essai d'échauffement supplémentaire.

L'expérience montre qu'une augmentation de la chute de tension aux bornes du disjoncteur ne peut être considérée comme une preuve certaine d'un accroissement de l'échauffement.

On ne doit considérer les contacts comme "recouverts d'argent" que si une couche d'argent subsiste aux points de contact après l'une quelconque des séquences d'essais de court-

circuit. Dans le cas contraire, les contacts doivent être considérés comme "non recouverts d'argent" (voir point 6 de 4.4.3 de la CEI 62271-1).

7.8.9.3 Etat après une série d'essais de court-circuit [6.102.9.3]

Pour vérifier le fonctionnement du disjoncteur après l'essai, des manœuvres de fermeture et d'ouverture à vide doivent être effectuées à la suite d'une série complète d'essais de court-circuit. Ces manœuvres à vide doivent être comparées avec les manœuvres correspondantes effectuées conformément à 7.8.6 et ne doivent pas montrer de différences significatives. La fermeture et l'accrochage mécanique du disjoncteur doivent se faire d'une manière satisfaisante.

A la suite de la série complète des séquences d'essais de court-circuit, on peut s'attendre à des brûlures locales de la doublure isolante des cuves des disjoncteurs à huile; ces détériorations sont acceptables, pourvu qu'elles ne rendent pas la doublure isolante incapable de remplir sa fonction. Cela ne s'applique pas aux doublures isolantes, tubes, cloisons de séparation, etc., constituant une partie de l'isolation principale du disjoncteur.

Une légère déformation des cloisons non métalliques de séparation des phases et des doublures isolantes de la cuve des disjoncteurs à huile peut être acceptée, pourvu que cette déformation ne gêne pas l'ouverture et la fermeture normales du disjoncteur.

Si, pour des raisons autres que le comportement du disjoncteur essayé, il est nécessaire d'effectuer un nombre de séquences d'essais de court-circuit supérieur aux exigences de la présente norme, et si les détériorations de la doublure isolante de la cuve sont telles que le constructeur considère qu'il est désirable de la remplacer avant d'achever la série complète des séquences d'essais, l'indication des modifications et l'explication de leur nécessité doivent figurer dans le rapport d'essai.

Des détériorations de l'isolation principale (c'est-à-dire de l'isolation soumise à une contrainte électrique dans les conditions normales de fonctionnement, que le disjoncteur soit en position d'ouverture ou de fermeture) altérant l'isolation du disjoncteur doivent le disqualifier. Des détériorations aux écrans dont sont soumis les traversées ou les dispositifs d'extinction de l'arc, ne doivent pas infirmer un résultat d'essai, pourvu que l'intégrité des écrans soit notable et que ces derniers soient capables de continuer à remplir leur fonction. Un résultat est infirmé par des détériorations des surfaces de l'isolation le long desquelles peut se produire sous la tension normale un cheminement par rapport à la terre, entre phases ou sur la distance d'ouverture.

On ne peut donner aucun critère de détérioration de l'huile, car ce critère varie avec le disjoncteur essayé.

7.8.9.4 Etat après une série d'essais autre qu'une série d'essais de court-circuit [6.102.9.4]

Après avoir effectué les séries d'essais de coupure spécifiées en 6.111.9.1 et 6.112 de la CEI 62271-100, pour les lignes à vide, les câbles à vide, les ensembles de condensateurs et les faibles courants inductifs et avant d'être remis en état, le disjoncteur doit être capable de fonctionner de façon satisfaisante lors de l'établissement et de la coupure de tous les courants inférieurs ou égaux à ses pouvoirs de fermeture et de coupure assignés en court-circuit.

De plus, le disjoncteur doit être capable de supporter son courant assigné en service normal avec un échauffement ne dépassant pas l'échauffement permis par le Tableau 3 de la CEI 62271-1.

Les isolants ne doivent pas montrer de signes évidents de perforation interne, de contournement ou de cheminement; on admet toutefois une usure modérée des parties des dispositifs d'extinction d'arc exposées à l'action de ce dernier.

NOTE La vérification de la conformité aux exigences ci-dessus n'est nécessaire qu'en cas de doute.

7.8.9.5 Remise en état après une séquence d'essais de court-circuit et d'autres séries d'essais [6.102.9.5]

Il est admis qu'à la suite d'une séquence d'essais de court-circuit ou d'autres séries d'essais, il peut être nécessaire de procéder à la maintenance du disjoncteur en vue de le remettre dans l'état initial spécifié par le constructeur. Par exemple, il est admis qu'il soit nécessaire:

- a) de réparer ou de remplacer les contacts d'arc ainsi que toute autre pièce interchangeable recommandée par le constructeur;
- b) de filtrer ou de remplacer l'huile ou tout autre fluide d'extinction et d'y ajouter la quantité nécessaire pour rétablir son niveau normal ou sa densité;
- c) de nettoyer l'isolation interne pour la débarrasser des dépôts provenant de la décomposition du fluide d'extinction.

7.8.10 Disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc

Il est reconnu que lorsque l'on effectue des essais de coupure sur des disjoncteurs comportant de courtes durées d'arc, il peut y avoir de grandes variations dans la sévérité réelle des essais pour le même réglage du circuit, dues au point de l'onde de courant auquel se produit la séparation des contacts. Pour cette raison, les exigences indiquées ci-dessous au point b) doivent être remplies pour les disjoncteurs ayant des durées d'arc (jusqu'à l'extinction de l'arc principal, pour les disjoncteurs ayant des résistances intercalaires) ne dépassant pas une période.

Les essais du point a), 2) consistent en trois manœuvres valables, quelle que soit la séquence de manœuvre assignée. Après le nombre de manœuvres prévu conformément à la séquence de manœuvres assignée, le disjoncteur peut être remis en état conformément à 7.8.9.5.

NOTE 1 La même procédure d'essais peut être aussi appliquée aux disjoncteurs dont les durées d'arc sont plus longues qu'un cycle.

a) Essais triphasés

Non applicable

b) Essais monophasés

1) Séquences d'essais T10, T30, T60, T100s(a) et T100s(b) (7.12.1 à 7.12.4).

La première manœuvre de coupure valable doit démontrer la première coupure possible après la séparation des contacts. On l'obtient lorsque tout retard supplémentaire de la séparation des contacts par rapport à un passage à zéro de courant entraîne une coupure au passage à zéro de courant suivant.

NOTE 2 La durée d'arc résultante a été appelée durée d'arc minimum.

Pour la deuxième coupure, l'ordre d'ouverture doit être avancé d'environ 60 degrés électriques par rapport à la première coupure valable. Il convient que la coupure qui en résulte se produise au zéro de courant de la première coupure valable.

Pour la troisième coupure, l'ordre d'ouverture doit être donné (90 degrés électriques – dt) plus tôt par rapport à la seconde coupure, avec dt inférieur à 18 degrés électriques.

2) Séquences d'essais T10, T30, T60, T100s(a) et T100s(b) (7.12.1 à 7.12.4).

La première manœuvre de coupure valable doit démontrer la première coupure possible après la séparation des contacts. On l'obtient lorsque tout retard supplémentaire de la séparation des contacts par rapport à un passage à zéro de courant entraîne une coupure au passage à zéro de courant suivant.

NOTE 3 La durée d'arc résultante a été appelée durée d'arc minimum.

Pour la deuxième coupure, l'ordre d'ouverture doit être donné (180 degrés électriques – dt) plus tôt par rapport à la première coupure, avec dt inférieur à 18 degrés électriques.

Pour la troisième coupure, l'ordre d'ouverture doit être avancé d'environ 90 degrés électriques par rapport à la première coupure valable.

L'ordre d'exécution des trois coupures valables n'est pas déterminé.

Les conditions 1) et 2) peuvent être vérifiées en les combinant en une série d'essais.

Les tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle à utiliser doivent être celles applicables aux systèmes de traction.

3) Séquence d'essais T100a (7.12.5)

Une première coupure valable doit être établie de telle manière que l'extinction de l'arc se produise à la fin de la grande alternance. La séparation des contacts doit avoir lieu pendant, ou même avant, la petite alternance précédente.

Il peut être nécessaire d'effectuer plus d'un essai pour obtenir cet essai valable.

Une deuxième coupure doit être effectuée en avançant l'ordre d'ouverture de 60 degrés électriques environ par rapport à l'instant de séparation des contacts. Cette deuxième coupure est valable seulement si l'extinction de l'arc se produit après la petite alternance. Si l'extinction de l'arc ne se produit pas à la fin de la petite alternance, alors la première manœuvre n'est pas valable.

Une troisième coupure doit être effectuée en retardant l'ordre d'ouverture de 60 degrés électriques environ par rapport à la première manœuvre valable.

4) Séquences d'essais en discordance de phases

Le paragraphe 6.102.9 de la CEI 62271-100 s'applique.

7.9 Circuit d'essai pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit [6.103]

7.9.1 Facteur de puissance [6.103.1]

Le facteur de puissance doit être déterminé suivant l'une des méthodes indiquées dans la CEI 62271-100, Annexe D.

Lors des essais, la valeur du facteur de puissance ne doit pas être supérieure à 0,15.

7.9.2 Fréquence [6.103.2]

Les disjoncteurs doivent être essayés à la fréquence assignée, avec une tolérance de $\pm 10\%$.

Les disjoncteurs de fréquence assignée 16,7 Hz sont essayés à cette fréquence. Cependant, c'est une évidence que certains essais réalisés à 50 Hz sur le même disjoncteur sont acceptables selon le type de disjoncteur et le type d'essais. Une telle évidence doit être établie par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

7.9.3 Mise à la terre du circuit d'essai pendant les essais monophasés du disjoncteur unipolaire [6.103.3]

Les connexions à la terre du circuit d'essai pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit doivent être conformes aux exigences suivantes et doivent, dans tous les cas, figurer sur le schéma du circuit d'essai faisant partie du rapport d'essai (voir CEI 62271-100, Annexe C, 2.4, point g)).

Le circuit d'essai et le bâti du disjoncteur doivent être connectés comme indiqué à la Figure 25a de la CEI 62271-100, de sorte que la différence de tension entre les pièces sous tension et le bâti soit, après la coupure, la même que celle qui existerait dans le circuit.

Pour des raisons de commodité de la station d'essais et après accord de l'acheteur, on peut utiliser un circuit d'essai dont un point intermédiaire de l'alimentation est mis à la terre avec, de préférence, la répartition de tension de la Figure 25b de la CEI 62271-100.

7.9.4 Raccordement du circuit d'essai du disjoncteur [6.103.4]

Dans le cas où les dispositions matérielles d'un côté du disjoncteur ne sont pas semblables à celles qui existent de l'autre côté, le côté sous tension du circuit d'essai doit être relié, lors de l'essai, au côté du disjoncteur dont le raccordement présente les conditions les plus sévères, en ce qui concerne la tension par rapport à la terre, sauf dans le cas où l'alimentation du disjoncteur s'effectue par construction toujours du même côté.

En cas de doute, les séquences d'essais T10 et T30 (7.12) doivent être effectuées avec une alimentation différente, et de même les séquences d'essais T100s et T100a. Si la séquence d'essais T100a n'est pas effectuée, la séquence d'essais T100s doit être effectuée une fois avec chacune des deux alimentations.

7.10 Caractéristiques pour les essais de court-circuit [6.104]

7.10.1 Tension appliquée avant les essais d'établissement en court-circuit [6.104.1]

Pour les essais d'établissement en court-circuit de 7.10.6, la tension appliquée doit être la suivante:

Les points a) et b) du paragraphe 6.104.1 de la CEI 62271-100 ne sont pas applicables.

c) Pour les essais monophasés, la tension appliquée ne doit pas être inférieure à la plus grande valeur entre la tension assignée U_{Ne} et la tension U_{max1} indiquée dans la CEI 60850.

La tension appliquée ne doit pas excéder cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

NOTE La valeur de U_{Ne} prend en compte les arrangements de circuits spéciaux dans lesquels la tension du circuit à interrompre dépasse la tension maximale du réseau (voir Note 3 du Tableau 1).

7.10.2 Courant établi en court-circuit [6.104.2]

L'aptitude du disjoncteur à établir son pouvoir de fermeture assigné en court circuit est démontrée par la séquence d'essais T100s (voir 7.12.5).

Le disjoncteur doit être capable d'établir le courant, quelle que soit la position du préamorçage de l'arc sur l'onde de tension. Deux cas extrêmes sont spécifiés comme suit (voir Figure 1 de la CEI 62271-100).

– Etablissement à la crête de l'onde de tension, conduisant à un courant de court-circuit symétrique et à la durée de préarc maximale.

- Fermeture au passage à zéro de l'onde de tension, sans préamorçage, conduisant à la pleine asymétrie du courant de court-circuit.

La procédure d'essai décrite ci-dessous vise à démontrer l'aptitude du disjoncteur à satisfaire aux deux exigences suivantes:

- a) le disjoncteur peut établir un courant symétrique résultant d'un préarc qui débute sur la crête de la tension appliquée. Ce courant doit être le pouvoir de coupure assigné en court-circuit (voir 5.13);
- b) le disjoncteur peut établir un courant de court-circuit totalement asymétrique. Ce courant doit être le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit (voir 5.16).

Un disjoncteur de série doit être capable de manœuvrer à des tensions inférieures à sa tension assignée (voir 5.13 a) pour laquelle il peut effectivement établir un courant pleinement symétrique. La limite inférieure de tension, si elle existe, doit être indiquée par le constructeur. Des tensions d'essais inférieures à cette limite de tension ne doivent pas être utilisées sans l'accord du constructeur.

NOTE 1 Si la composante continue n'excède pas 20 %, le courant de court-circuit est considéré comme symétrique.

NOTE 2 Pour des disjoncteurs ayant un préamorçage supérieur à 10 ms, plus de deux fermetures peuvent être nécessaires pour démontrer les conditions les plus difficiles.

Procédure d'essai

Pour les essais monophasés, la séquence d'essais T100s ou T100s(a) doit être conduite de telle façon que l'exigence mentionnée au point a) ci-dessus soit satisfaite au cours d'une manœuvre de fermeture et celle du point b) au cours de l'autre manœuvre de fermeture.

L'ordre de ces manœuvres n'est pas spécifié. Si, au cours de la séquence d'essais T100s ou T100s(a), l'une des exigences mentionnées aux points a) et b) n'a pas été correctement démontrée, une manœuvre de CO supplémentaire est nécessaire. Elle peut être effectuée après remise en état du disjoncteur.

Selon les résultats obtenus durant la séquence normale d'essais T100s ou T100s(a), cette manœuvre de CO supplémentaire doit:

- soit vérifier les exigences des points a) et b) ci-dessus,
- soit apporter la preuve que les valeurs de courant établi en court-circuit qui sont atteintes sont représentatives des conditions à satisfaire en service du fait des caractéristiques de préarc du disjoncteur.

Si, au cours de la séquence normale d'essais T100s ou T100s(a), le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit n'a pas été atteint à cause des caractéristiques du disjoncteur, un essai de CO supplémentaire peut être réalisé à une tension appliquée inférieure.

Si, au cours de la séquence normale d'essais T100s ou T100s(a), le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit exigé au point a) ci-dessus, a été atteint, l'essai de CO supplémentaire peut être réalisé à une tension appliquée comprise entre les limites établies en 7.10.1.

7.10.3 Pouvoir de coupure en court-circuit [6.104.3]

Le courant coupé en court-circuit par un disjoncteur doit être mesuré à l'instant de la séparation des contacts, conformément aux indications de la Figure 8 de la CEI 62271-100, et doit être exprimé par les deux valeurs ci-dessous:

- a) les valeurs efficaces de la composante alternative;
- b) la valeur en pourcentage de la composante continue maximale.

Alors que le courant coupé en court-circuit est mesuré à l'instant de la séparation des contacts, l'aptitude du disjoncteur à la coupure est déterminée entre autres facteurs par le courant qui est finalement coupé dans la dernière alternance de l'arc. Le décrétement de la composante alternative du courant de court-circuit est par conséquent très important, en particulier pour les disjoncteurs dont la durée d'arc s'étend sur plusieurs alternances de courant. Pour éviter une réduction des contraintes, il est recommandé d'utiliser un décrétement de la composante alternative du courant de court-circuit tel qu'à l'instant correspondant à l'extinction finale de l'arc principal, la composante alternative du courant présumé soit au moins à 90 % de la valeur correspondant à la séquence d'essais.

Si les caractéristiques du disjoncteur sont telles que le courant de court-circuit est réduit à une valeur inférieure à celle du courant présumé coupé, la valeur du courant présumé coupé en court-circuit doit être considérée comme étant le courant coupé en court-circuit, et doit être mesurée sur l'oscillogramme du courant présumé à l'instant correspondant à la séparation des contacts.

On peut déterminer l'instant de la séparation des contacts selon l'expérience de la station d'essais et le type de l'appareil en essai par diverses méthodes, par exemple par l'enregistrement de la course des contacts pendant l'essai, par l'enregistrement de la tension d'arc ou par un essai à vide sur le disjoncteur.

7.10.4 Composante continue du pouvoir de coupure en court-circuit [6.104.4]

Pour les disjoncteurs dont la durée d'ouverture est telle que la composante continue ne peut être contrôlée, par exemple les disjoncteurs munis de déclencheurs directs à maximum de courant et préparés pour l'essai comme indiqué en 7.8.3, la composante continue peut être supérieure à celle spécifiée pour les séquences d'essais T10 à T100s de 7.12.

Les disjoncteurs doivent être considérés comme ayant satisfait à la séquence d'essais T100a, même si le pourcentage de la composante continue au cours d'une manœuvre d'ouverture est inférieur à la valeur spécifiée, à condition que la moyenne des pourcentages des composantes continues au cours des manœuvres d'ouverture de la séquence d'essais dépasse le pourcentage spécifié de la composante continue.

7.10.5 Tension transitoire de rétablissement (TTR) pour les essais de défaut aux bornes [6.104.5]

7.10.5.1 Généralités [6.104.5.1]

La TTR présumée du circuit d'essai doit être déterminée par des méthodes telles que les appareils servant à provoquer et à relever l'onde de la TTR soient sans influence significative sur celle-ci. Elle doit être mesurée aux bornes auxquelles le disjoncteur sera relié avec tous les dispositifs de mesure nécessaires, tels que les diviseurs de tension.

Des méthodes appropriées basées sur 7.10.6 peuvent être établies par accord entre l'acheteur et le fournisseur (voir aussi la CEI 62271-100, Annexe F).

La courbe de la TTR présumée d'un circuit d'essai est représentée par son enveloppe tracée comme l'indique l'Annexe F de la CEI 62271-100, et par sa partie initiale.

La TTR spécifiée pour les essais est représentée par un tracé de référence et un segment définissant le retard.

L'onde présumée de TTR du circuit d'essai doit avoir une enveloppe qui ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié.

NOTE Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié (voir 7.10).

7.10.5.2 Séquence d'essais T100s et T100a [6.104.5.2]

Les valeurs de TTR spécifiées sont indiquées par les valeurs normales du Tableau 2.

7.10.5.3 Séquence d'essais T60 [6.104.5.3]

Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans le Tableau 8.

Lorsque l'acheteur a des exigences de TTR plus sévères que celles du Tableau 8, celles-ci doivent être précisées dans la spécification de l'acheteur.

Tableau 8 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais T60 – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire

U_n kV	U_{max1} kV	U_{max2} kV	Valeur crête de la TTR		t_d μs	u' kV	t' μs	Taux de montée
			U_c kV	t_3 μs				U_c/t_3 kV/μs
15	17,25	18	38	46	9	13	24	0,83
20	24,0	N/A	41	41	5	14	19	1,00
25	27,5	29	62	57	11	21	30	1,09
25	30,0	N/A	62	51	5	21	22	1,22

N/A: non applicable.

avec:

$$U_c = 1,5 \times U_{max2} \times \sqrt{2} = 1,5 \times U_{C\text{Tableau 2}} / 1,4;$$

1,5 = facteur d'amplitude corrigé (CEI 62271-100);

$$u' \approx U_c / 3;$$

$t_d = 0,2 \times t_3$ (du Tableau 13 de la CEI 62271-100);

$$t' = (t_3 / 3) + t_d.$$

7.10.5.4 Séquence d'essais T30 [6.104.5.4]

Les valeurs normales spécifiées sont indiquées dans le Tableau 9.

Lorsque l'acheteur a des exigences de TTR plus sévères que celles du Tableau 9, celles-ci doivent être précisées dans la spécification de l'acheteur.

Tableau 9 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement présumée pour la séquence d'essais T30 – Représentation par deux paramètres – Disjoncteur unipolaire

U_n kV	$U_{\max 1}$ kV	$U_{\max 2}$ kV	Valeur crête de la TTR		t_d μs	u' kV	t' μs	Taux de montée
			U_c kV	t_3 μs				U_c/t_3 kV/ μs
15	17,25	18	38	23	5	13	13	1,65
20	24,0	N/A	41	41	5	14	19	1,00
25	27,5	29	62	28	6	21	15	2,21
25	30,0	N/A	62	51	5	21	22	1,22

N/A: non applicable.

avec:

$$U_c = 1,5 \times U_{\max 2} \times \sqrt{2} = 1,5 \times U_{\text{C Tableau 2}} / 1,4;$$

1,5 = facteur d'amplitude corrigé (CEI 62271-100);

$$u' \approx U_c / 3;$$

$t_d = 0,2 \times t_3$ (du Tableau 24 de la CEI 62271-100);

$$t' = (t_3 / 3) + t_d.$$

7.10.5.5 Séquence d'essais T10 [6.104.5.5]

La valeur crête de la TTR doit correspondre à la valeur appropriée spécifiée pour la séquence d'essais T30 dans le Tableau 9.

NOTE Etant donné la difficulté à obtenir des temps t_3 courts dans les stations d'essais pour les faibles courants, aucune valeur n'est spécifiée. Il convient d'utiliser le temps le plus court qui peut être obtenu; néanmoins, il convient que ce dernier ne soit en aucun cas inférieur aux valeurs indiquées dans le Tableau 9.

7.10.6 Mesure de la tension transitoire de rétablissement [6.104.6]

Au cours d'un essai en court-circuit, les caractéristiques du disjoncteur telles que la tension d'arc, la conductivité post-arc et la présence éventuelle de résistances de coupure affecteront la tension transitoire de rétablissement.

En conséquence, la tension transitoire de rétablissement d'essai différera plus ou moins, selon les caractéristiques du disjoncteur, de l'onde de TTR présumée du circuit d'essai sur lequel sont fondées les exigences de fonctionnement.

A moins que l'influence propre du disjoncteur soit sans importance et que le courant coupé comprenne une composante continue insignifiante, il est recommandé que les enregistrements relevés au cours des essais ne soient pas utilisés pour évaluer les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit, et que cela soit fait par d'autres moyens tels que ceux décrits dans la CEI 62271-100, Annexe F.

Cependant, il est souhaitable d'enregistrer la tension transitoire de rétablissement au cours de l'essai afin d'obtenir une vérification des caractéristiques présumées du circuit d'essai.

7.10.7 Tension de rétablissement à fréquence industrielle [6.104.7]

La tension de rétablissement à fréquence industrielle du circuit d'essai peut être indiquée en pourcentage de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée ci-après. Elle ne doit pas être inférieure à 95 % de la valeur spécifiée et doit être maintenue pendant au moins 0,1 s.

Afin d'obtenir la tension de rétablissement à fréquence industrielle désirée dans une station d'essais avec générateur, l'excitation du générateur d'essais peut être momentanément augmentée pendant la période de court-circuit.

Pour les séquences d'essais de court-circuit fondamentales de 7.12, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être fixée comme suit, compte tenu de la valeur minimale de 95 % indiquée ci-dessus:

Pour un disjoncteur unipolaire, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à la tension assignée U_{Ne} du disjoncteur.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être mesurée entre les bornes du pôle. Sa valeur efficace doit être déterminée sur l'oscillogramme au cours de l'intervalle de temps compris entre une demi-période et une période de la fréquence d'essai après l'extinction finale de l'arc, comme indiqué à la Figure 44 de la CEI 62271-100.

On doit mesurer la distance verticale (V1) entre la crête de la seconde demi-onde et une ligne droite tracée entre les crêtes respectives des demi-ondes précédente et suivante, et cette distance, divisée par $2 \times \sqrt{2}$ et multipliée par l'étalonnage convenable, donne la valeur efficace de la tension de rétablissement à fréquence industrielle enregistrée.

7.11 Procédures d'essais en court-circuit [6.105]

7.11.1 Intervalle de temps entre les essais [6.105.1]

Les essais fondamentaux en court-circuit et, s'il y a lieu, en défaut proche en ligne, comprennent les séries de séquences d'essais spécifiées en 7.12 et 7.14.

Les intervalles de temps entre les manœuvres individuelles d'une séquence d'essais doivent être les intervalles de temps de la séquence de manœuvres assignée du disjoncteur. Les manœuvres et les intervalles de temps des séquences d'essais sont déduits de la séquence de manœuvres assignée du disjoncteur indiquée en 5.17, sous réserve de la disposition suivante:

Si, avec les intervalles de temps spécifiés, il est difficile de remplir toutes les exigences d'essai, les intervalles de temps pour l'essai doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Occasionnellement, il peut être nécessaire, pour d'autres raisons, de dépasser l'intervalle de temps spécifié, par exemple à cause de la procédure plus compliquée d'essais synthétiques, où l'on peut estimer nécessaire de faire des réglages peu importants sur le dispositif de contrôle et de mesure ou pour exciter ou synchroniser les générateurs d'une grande station d'essais. Dans de tels cas, pourvu que l'intervalle de temps ne dépasse pas 10 min pour un intervalle de temps assigné de 3 min, les essais doivent être considérés comme valables. La valeur réelle de l'intervalle de temps entre les manœuvres doit être indiquée dans le rapport d'essais.

Il est également possible d'éprouver des difficultés avec l'équipement de la station d'essais et une durée supérieure à 10 min peut être nécessaire. Pourvu qu'une telle durée ne soit pas due à une manœuvre défectueuse du disjoncteur et qu'elle n'affecte pas son état et son fonctionnement, l'intervalle de temps résultant est admis s'il ne se produit pas plus d'une fois au cours de l'une quelconque des séries de séquences d'essais.

D'autre part, l'intervalle de temps entre les essais ne doit pas être inférieur à 2 min lorsque l'intervalle de temps assigné est de 3 min. L'intervalle de temps réel doit être enregistré dans ce cas à une demi-minute près.

7.11.2 Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais de coupure [6.105.2]

La source d'énergie auxiliaire, chaque fois que cela est possible, doit être appliquée aux déclencheurs d'ouverture après le début du court-circuit, mais si cela est impossible, elle peut être appliquée avant le début du court-circuit (sous la réserve que les contacts ne commencent pas à bouger avant le début du court-circuit). On doit alors prouver ou mettre en évidence par un essai que le disjoncteur peut s'ouvrir correctement pour la valeur spécifiée du courant de court-circuit sans qu'il n'ait reçu un ordre de déclenchement préalable. Cette mise en évidence peut être obtenue par des essais à tension réduite.

7.11.3 Application d'une source d'énergie auxiliaire aux déclencheurs d'ouverture – Essais d'établissement-coupure [6.105.3]

Au cours d'un essai d'établissement-coupure autre qu'un de ceux définis en 7.12.5, la source d'énergie auxiliaire ne doit pas être appliquée aux déclencheurs d'ouverture avant que le disjoncteur n'ait atteint sa position de fermeture. Au cours des manœuvres de fermeture-ouverture de la séquence d'essais T100s, voir 7.12.4, la source d'énergie ne doit pas être appliquée avant qu'au moins une demi-période ne soit passée depuis l'instant de fermeture des contacts. Il est admis de retarder l'ouverture du disjoncteur pour que la composante continue ne dépasse pas la valeur admissible.

7.11.4 Accrochage à la fermeture sur court-circuit [6.105.4]

A moins que le disjoncteur ne soit équipé d'un déclencheur sous courant de fermeture ou d'un dispositif équivalent, on doit vérifier qu'il s'accroche correctement sans hésitation exagérée lorsqu'il y a une décroissance négligeable de la composante alternative du courant au cours de la fermeture. Si cela ne peut être vérifié par la séquence d'essais T100s ou par les variantes admises, l'essai doit être répété à tension réduite en utilisant un circuit d'essai qui donne le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit avec une décroissance négligeable de la composante alternative.

Il est parfois difficile de déterminer si un disjoncteur s'est ou non accroché et à quel instant l'accrochage s'est produit. C'est pour cette raison qu'il n'est pas possible de spécifier une procédure d'essai pour couvrir tous les cas et, si nécessaire, la méthode employée pour vérifier l'efficacité de l'accrochage doit être enregistrée dans le rapport d'essais.

7.11.5 Essais non valables [6.105.5]

Il peut devenir nécessaire d'effectuer un nombre d'essais en court-circuit supérieur à celui qui est exigé par la présente norme. Dans le cas d'un essai non valable dans une séquence, la partie non valable de la séquence d'essais peut être répétée sans remettre en état le disjoncteur. En cas de défaillance du disjoncteur à l'occasion de ces essais supplémentaires, le disjoncteur peut être remis en état et subir à nouveau la séquence d'essais complète.

NOTE Dans une séquence de refermeture automatique rapide, O - t - CO est considérée comme une partie, et la manœuvre CO suivante est considérée également comme une partie.

7.12 Séquences d'essais de court-circuit fondamentales [6.106]

7.12.1 Généralités

Les séries d'essais de court-circuit fondamentales doivent comprendre les séquences d'essais T10 à T100a spécifiées ci-après.

Les courants coupés ne peuvent pas s'écarter des valeurs spécifiées de plus de 20 % en ce qui concerne les valeurs spécifiées pour les séquences d'essais T10 et T30 et de 10 % pour la séquence d'essais T60.

La valeur de crête du courant de court-circuit au cours des essais de coupure des séquences d'essais T100s, T100s(b) et T100a ne doit pas dépasser 110 % du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit du disjoncteur.

Pour les séquences d'essais T10, T30 et T60, il est permis de ne pas réaliser la manœuvre de fermeture avant toute manœuvre de coupure, pour des facilités d'essai. Les intervalles de temps entre les manœuvres individuelles doivent être les intervalles de temps de la séquence de manœuvres assignée du disjoncteur (voir 7.11.1).

7.12.2 Séquence d'essais T10 [6.106.1]

La séquence d'essais T10 se compose de la séquence de manœuvres assignée à 10 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante continue de moins de 20 % et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles qu'elles sont spécifiées en 7.10.5.5 et 7.10.7 (voir également le Tableau 9).

7.12.3 Séquence d'essais T30 [6.106.2]

La séquence d'essais T30 se compose de la séquence de manœuvres assignée à 30 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante continue de moins de 20 % et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles qu'elles sont spécifiées en 7.10.5.4, dans le Tableau 9, et en 7.10.7.

7.12.4 Séquence d'essais T60 [6.106.3]

La séquence d'essais T60 se compose de la séquence de manœuvres assignée à 60 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec une composante continue de moins de 20 % et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles qu'elles sont spécifiées en 7.10.5.3, dans le Tableau 8 et en 7.10.7.

7.12.5 Séquence d'essais T100s [6.106.4]

7.12.5.1 Généralités

La séquence d'essais T100s se compose de la séquence de manœuvres assignée à 100 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit en tenant compte de 7.10.3 et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées dans le Tableau 2 et en 7.10.7, et à 100 % du pouvoir de fermeture assigné en court-circuit en tenant compte de 7.10.2 et d'une tension appliquée telle que spécifiée en 7.10.1.

Pour cette séquence d'essais, le pourcentage de la composante continue ne doit pas dépasser 20 % de la composante alternative.

Lorsque les caractéristiques de la station d'essais sont telles qu'il est impossible de réaliser la séquence d'essais T100s en respectant les limites spécifiées de la tension appliquée en 7.10.1, du pouvoir de fermeture en 7.10.2, du pouvoir de coupure en 7.10.3 et des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle en 7.10.5.2 et 7.10.7, en prenant également en considération 7.11.3 et 7.11.4, les essais d'établissement et de coupure de la séquence d'essais T100s peuvent être faits séparément comme suit.

7.12.5.2 Séquence d'essais T100s(a), essais d'établissement [6.106.4.1]

C - t' - C dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée O - t - CO - t' - CO;

C - t'' - C dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée CO - t'' - CO.

Avec une fermeture sur une valeur de courant égale au pouvoir de fermeture assigné en court-circuit et une fermeture sur un courant symétrique selon 7.10.2, et à une tension appliquée telle qu'elle est spécifiée en 7.10.1.

7.12.5.3 Séquence d'essais T100s(b), essais de coupure [6.106.4.2]

O - t - O - t' - O dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée O - t - CO - t' - CO;

O - t'' - O dans le cas d'une séquence de manœuvres assignée CO - t'' - CO à 100 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit et avec des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles que spécifiées en 7.10.5.2 et 7.10.7.

Toutefois, lorsque la séquence d'essais T100s est effectuée au moyen des séquences d'essais T100s(a) et T100s(b), ou bien la séquence d'essais T100s(a) doit être une séquence de manœuvres assignée complète avec le courant coupé et les tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle aussi voisins que possible des valeurs spécifiées pour la séquence d'essais T100s, ou bien la séquence d'essais T100s(b) doit être une séquence de manœuvres assignée complète avec un courant établi et une tension appliquée aussi voisins que possible des valeurs spécifiées pour la séquence d'essais T100s.

Il est admis de remettre le disjoncteur dans son état initial comme indiqué en 7.8.9.5, entre les séquences d'essais T100s(a) et T100s(b).

S'il est possible de vérifier à 100 % le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit au moyen d'une séquence d'essais autre que la séquence d'essais T100s, par exemple la séquence d'essais T100a, il est admis d'effectuer uniquement la séquence d'essais T100s(b) à la place de la séquence d'essais T100s.

7.12.6 Séquence d'essais T100a [6.106.5]

La séquence d'essais T100a ne doit être appliquée qu'aux disjoncteurs ayant un intervalle de temps τ , déterminé conformément à 5.13.3 (4.101.2 de la CEI 62271-100), inférieur à 80 ms.

La séquence d'essais T100a se compose de trois manœuvres d'ouverture effectuées à 180 s d'intervalle, à 100 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit avec un pourcentage de composante continue égal à la valeur assignée appropriée, spécifiée en 5.13, et avec des tensions de rétablissement transitoire et à fréquence industrielle telles qu'elles sont spécifiées en 7.10.5.2 et 7.10.7 (voir également 7.10.6).

Cependant, dans le cas d'un disjoncteur d'une conception telle qu'il ne puisse pas atteindre sa position de fermeture lorsqu'il est fermé sur court-circuit, la séquence d'essais T100a doit être effectuée avec la séquence de manœuvres assignée.

Pour les disjoncteurs prévus pour être utilisés là où le pourcentage de la composante continue peut atteindre une valeur supérieure à celle correspondant à la Figure 9 de la CEI 62271-100, comme cela peut arriver au voisinage des centres de production, les essais doivent être soumis à un accord entre constructeur et acheteur (voir 8.103.1 de la CEI 62271-100).

7.13 Essais au courant critique [6.107]

7.13.1 Cas d'application [6.107.1]

Ces essais sont des essais en court-circuit complémentaires des séquences d'essais de court-circuit fondamentales couvertes par 7.12 et ne sont applicables qu'aux disjoncteurs qui ont un courant critique inférieur à 10 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit. On doit supposer que c'est le cas si la moyenne des durées d'arc au cours de la séquence d'essais T10, 7.12.2, est notablement supérieure à celle obtenue au cours de la séquence d'essais T30, 7.12.3.

7.13.2 Courant d'essai [6.107.2]

Lorsque les essais au courant critique sont applicables, ils doivent être faits à des courants compris dans la gamme de 4 % à 6 % et dans la gamme de 2 % à 3 % du pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

NOTE Les essais de coupure des faibles courants inductifs sont couverts par 7.16.

7.13.3 Séquences d'essais au courant critique [6.107.3]

Les séquences d'essais au courant critique doivent être les mêmes que pour la séquence d'essais T10, 7.12.2, avec les courants coupés spécifiés en 7.13.2 et avec les caractéristiques de TTR de la séquence d'essais T10 modifiées en multipliant le temps t_3 , indiqué en 7.10.5.4, Tableau 9, par le facteur $\sqrt{10/X}$, dans lequel X est le rapport exprimé en pourcentage du courant coupé d'essai au pouvoir de coupure assigné en court-circuit.

NOTE Cette approximation est fondée sur le fait que les capacités du circuit d'essai sont les mêmes pour la séquence d'essais T10 et pour les séquences d'essais au courant critique.

7.14 Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases [6.110]

Les essais spécifiés dans le présent article ne sont à effectuer que si l'acheteur a spécifié un pouvoir de coupure assigné en discordance de phases à la tension ligne du réseau (décalage de phases de 120° ou 180°).

Les essais doivent satisfaire aux exigences de 7.12 et être réalisés en respectant les séquences d'essais du Tableau 29 de la CEI 62271-100.

Le paragraphe 6.110 de la CEI 62271-100 s'applique autant que faire se peut.

7.15 Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs [6.111]

7.15.1 Cas d'application [6.111.1]

Les essais spécifiés dans ce paragraphe ne sont exigés que si un pouvoir de coupure assigné de courant capacitif est spécifié par l'acheteur.

7.15.2 Généralités [6.111.2]

Les essais doivent répondre aux exigences indiquées en 5.23.

La tension d'essai est $U_{\max 2}$ de la CEI 60850. Lorsqu'aucune valeur d' $U_{\max 2}$ n'est spécifiée, l'essai doit être réalisé à $U_{\max 1}$.

Les essais doivent être faits sur site ou en laboratoire. Pour les essais sur site, les circuits réels sont utilisés avec le réseau d'alimentation côté source et une ligne, un câble, ou une batterie de condensateurs côté charge.

Les résultats de ces essais, cependant, sont uniquement valables pour des disjoncteurs travaillant sur des circuits identiques à ceux des essais. Dans les essais de laboratoire, les lignes et les câbles sont partiellement ou entièrement remplacés par des circuits artificiels constitués d'éléments concentrés: condensateurs, réactances, résistances.

Les essais en laboratoire pour la vérification du pouvoir de coupure assigné de lignes ou de câbles à vide sont valables seulement si le disjoncteur est sans réamorçage.

La fréquence du circuit d'essai doit être conforme à 7.9.2.

7.15.3 Caractéristiques des circuits d'alimentation [6.111.3]

Les essais décrits en 6.111.3 de la CEI 62271-100 doivent être réalisés.

7.15.4 Mise à la terre du circuit d'alimentation [6.111.4]

Pour les essais monophasés en laboratoire, l'une ou l'autre des bornes du circuit d'alimentation monophasé peut être mise à la terre.

7.15.5 Caractéristiques du circuit capacitif à couper ou à établir [6.111.5]

7.15.5.1 Généralités

Les caractéristiques du circuit capacitif doivent être telles qu'avec tous les dispositifs de mesure nécessaires, y compris les diviseurs de tension, la chute de tension ne dépasse pas 10 % à la fin d'un intervalle de temps de 100 ms après extinction définitive de l'arc. Cependant, dans le cas d'essais en réseau, l'exigence ci-dessus n'est pas applicable.

NOTE Etant donné que des appareils tels que des transformateurs de tension reliés au circuit capacitif peuvent avoir beaucoup d'influence sur la chute de tension, il convient que les mesures soient effectuées de préférence avec des diviseurs de tension convenables.

7.15.5.2 Essais de coupure et d'établissement de courants de lignes à vide [6.111.5.1]

Les essais doivent être des essais en laboratoire monophasés, où il est permis de remplacer partiellement ou complètement les lignes elles-mêmes par des batteries de condensateurs et d'utiliser tout couplage en parallèle des conducteurs de phases avec courant de retour par la terre ou par un conducteur.

Lorsqu'on utilise des condensateurs pour simuler les lignes aériennes, une résistance non inductive, dont la valeur n'est pas supérieure à 10 % de l'impédance capacitive, peut être raccordée en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent influencer exagérément sur la tension de rétablissement. Si, la résistance étant connectée, la valeur de crête du courant d'appel est encore trop élevée, une autre impédance (par exemple du type LR) peut être utilisée à la place de la résistance, sous réserve que courant et tension à l'instant de la coupure, et la tension de rétablissement, ne diffèrent pas sensiblement des valeurs spécifiées (les caractéristiques de l'impédance de remplacement sont à l'étude).

NOTE 1 Il convient que les essais sur des disjoncteurs qui ne sont pas sans réamorçage fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur (voir 7.15.2). Des circuits d'essai convenables sont en cours d'étude.

NOTE 2 Un câble de faible longueur peut être utilisé en série avec une ligne aérienne pour les essais, à condition que le courant de câble à vide ne dépasse pas 20 % du courant de ligne aérienne à vide.

7.15.5.3 Essais de coupure et d'établissement de courants de câbles à vide [6.111.5.2]

Des condensateurs peuvent être utilisés pour simuler des câbles à champ radial et des câbles à ceinture. Pour des essais en triphasé représentant des câbles à ceinture à trois âmes, la capacité directe doit être approximativement le double de la capacité homopolaire.

Lorsqu'on utilise des condensateurs pour simuler les câbles, une résistance non inductive, dont la valeur n'est pas supérieure à 10 % de l'impédance capacitive, peut être raccordée en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent influencer exagérément sur la tension de rétablissement.

Si, la résistance étant connectée, la valeur de crête du courant d'appel est encore trop élevée, une autre impédance (par exemple du type LR) peut être utilisée à la place de la résistance, sous réserve que courant et tension à l'instant de la coupure, et la tension de rétablissement, ne diffèrent pas sensiblement des valeurs spécifiées. (Les caractéristiques de l'impédance de remplacement sont à l'étude.)

NOTE Une courte ligne aérienne peut être utilisée en série avec un câble pour les essais, à condition que le courant de ligne à vide ne dépasse pas 1 % du courant de câble à vide.

7.15.5.4 Essais d'établissement et de coupure de courants de batteries de condensateurs [6.111.5.3]

Les conditions de mise à la terre des condensateurs en essai doivent être les mêmes que lorsque les condensateurs sont en service.

7.15.6 Forme d'onde du courant [6.111.6]

Il convient que la forme d'onde du courant à couper soit aussi voisine que possible d'une sinusoïde. Cette condition est considérée comme remplie si le rapport de la valeur efficace du courant à la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2.

Le courant à couper ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-période à fréquence industrielle.

7.15.7 Tension d'essai [6.111.7]

Pour des essais monophasés en laboratoire, la tension d'essai mesurée au niveau du disjoncteur immédiatement avant l'ouverture doit être aussi voisine que possible de $U_{\max 2}$ de la CEI 60850. Lorsqu'aucune valeur d' $U_{\max 2}$ n'est spécifiée, l'essai doit être réalisé à $U_{\max 1}$.

La tension d'essai à fréquence industrielle et la tension continue résultant de la charge résiduelle sur le circuit capacitif doivent être maintenues pendant une durée de 0,3 s après la coupure.

7.15.8 Séquences d'essais [6.111.9]

Les exigences pour les essais monophasés indiquées en 6.111.9.1 de la CEI 62271-100 s'appliquent.

7.15.9 Essais avec TTR spécifiée [6.111.9]

Les essais de coupure peuvent, en variante, être exécutés en utilisant, au lieu des circuits d'essai définis de 7.15.3 à 7.15.5, des circuits tels que la tension de rétablissement présumée soit conforme aux exigences suivantes:

- u'_c et t'_2 définissant l'enveloppe de la tension de rétablissement présumée d'essai, on doit avoir:

$$u'_c \geq u_c \quad t'_2 \leq t_2$$

- En outre, la partie initiale de la tension de rétablissement présumée doit rester en dessous de la droite joignant l'origine au point, définie par u_1 et t_1 .

Les valeurs spécifiées de u_1 , t_1 , u_c et t_2 sont données dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Valeurs d'essai pour les essais avec TTR spécifiée

Séquences d'essais	Valeurs de la tension de rétablissement de la Figure 54 de la CEI 62271-100 en fonction de la valeur crête de la tension d'essai		Valeurs de temps de la Figure 54 de la CEI 62271-100		
	u_c	u_1	t_1	t_2 (ms)	
	p.u.	p.u.			16,7 Hz
1 et 2	$\geq 1,98$	$\leq 0,02 \times k_{af}^a$	t_3 de 5.14.4 pour un défaut aux bornes	8,7 pour 50 Hz	b
2	$\geq 1,95$	$\leq 0,05 \times k_{af}^a$		7,3 pour 60 Hz	b
<p>^a k_{af} = facteur d'amplitude = 1,4 (voir Tableau 2).</p> <p>^b à l'étude.</p>					

7.15.10 Résultats d'essais [6.111.11]

Les surtensions par rapport à la terre doivent être mesurées tant du côté source d'alimentation que du côté circuit capacitif.

Le disjoncteur doit répondre avec succès aux conditions d'essais suivantes:

- le comportement du disjoncteur pendant l'établissement et la coupure des courants capacitifs de toutes les séquences d'essais prescrites satisfait aux conditions données en 7.8.7;
- aucun réamorçage ne se produit pendant les essais ou, lorsque des essais sont effectués sur des disjoncteurs susceptibles de réamorcer, les surtensions maximales mesurées lors des coupures de chaque séquence d'essais ne doivent pas dépasser les surtensions de manœuvres maximales admissibles spécifiées par le constructeur; il ne doit pas se produire de contournement extérieur;
- l'état du disjoncteur après la série d'essais correspond à la condition de 7.8.9.4.

8 Essais individuels [7]**8.1 Généralités**

L'Article 7 de la CEI 62271-1 est applicable avec l'ajout suivant:

Les essais individuels de série comprennent aussi des essais de fonctionnement mécanique, conformément à 8.5.

De plus, des essais de tenue en tension doivent être faits aux valeurs indiquées dans la CEI 62497-1 et le Tableau 1.

8.2 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle à sec du circuit principal [7.1]

Le paragraphe 7.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

8.3 Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires et de commande [7.2]

Le paragraphe 7.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

8.4 Mesure de la résistance du circuit principal [7.3]

Le paragraphe 7.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

8.5 Essais de fonctionnement mécanique [7.101]

Les essais de fonctionnement mécanique doivent comprendre:

- a) à la tension maximale spécifiée d'alimentation et à la pression maximale spécifiée d'alimentation (si cela est applicable):
 - 1) cinq manœuvres de fermeture,
 - 2) cinq manœuvres d'ouverture.
- b) à la tension minimale spécifiée d'alimentation et à la pression minimale spécifiée d'alimentation (si cela est applicable):
 - 1) cinq manœuvres de fermeture,
 - 2) cinq manœuvres d'ouverture.
- c) à la tension assignée d'alimentation et à la pression assignée d'alimentation (si cela est applicable):
 - 1) cinq cycles de manœuvres de fermeture-ouverture, le mécanisme de déclenchement étant commandé par la fermeture des contacts principaux,
 - 2) de plus, pour les disjoncteurs prévus pour la refermeture automatique rapide (voir 5.17), cinq cycles d'ouverture-fermeture O - t - C, où t doit être au plus égal à la durée spécifiée pour la séquence de manœuvres assignée.

Il convient d'effectuer de préférence les essais de fonctionnement mécanique sur le disjoncteur complet. Le dispositif de manœuvres et l'armoire de commande doivent être essayés en même temps que le disjoncteur ou en utilisant des charges fictives appropriées.

Les essais individuels de série des disjoncteurs complets peuvent être effectués sur place.

Lors de toutes les séquences de manœuvres prescrites, on doit effectuer:

- la mesure des durées de manœuvres;
- la mesure de la consommation du fluide (si cela est applicable).

Si la conception du disjoncteur le permet, il convient d'enregistrer le diagramme espace-temps. Les équipements auxiliaires contraints mécaniquement doivent fonctionner correctement pendant et après les essais.

Après l'achèvement des séquences de manœuvres prescrites, les essais et inspections suivants doivent être exécutés (si cela est applicable):

- les raccordements doivent être vérifiés;
- les contacts auxiliaires et/ou de commande doivent indiquer de manière satisfaisante les positions d'ouverture ou de fermeture du disjoncteur;
- tous les équipements auxiliaires doivent fonctionner correctement aux limites des tensions d'alimentation et/ou des pressions des fluides de coupure ou de commande.

De plus, les essais et inspections suivants doivent être effectués (si cela est applicable):

- essais d'étanchéité;
- mesure des résistances des dispositifs de chauffage (s'il en existe) et des bobines de commande;
- inspection de la filerie de commande, des circuits de chauffage et des équipements auxiliaires, et contrôle du nombre des contacts auxiliaires, conformément à la spécification de commande;
- inspection de l'armoire de commande (systèmes électrique, mécanique, pneumatique et hydraulique);
- mesures du débit du compresseur;

- caractéristiques fonctionnelles de la soupape de sécurité;
- fonctionnement des verrouillages électriques, mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques et des dispositifs de signalisation;
- fonctionnement du dispositif d'anti-pompage;
- caractéristiques générales du matériel, dans les tolérances indiquées des tensions d'alimentation de commande;
- inspection des bornes de mise à la terre du disjoncteur.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs à maximum de courant, les déclencheurs doivent être réglés au repère minimal sur l'échelle de réglage du courant.

Il doit être montré que les déclencheurs à maximum de courant provoquent correctement l'ouverture du disjoncteur pour un courant dans le circuit principal n'excédant pas 110 % de la valeur de réglage figurant sur l'échelle de réglage du courant.

Pour ces essais, le courant traversant les déclencheurs à maximum de courant peut être fourni par une source à basse tension convenable.

Pour les disjoncteurs équipés de déclencheurs d'ouverture à minimum de tension, il doit être montré que le disjoncteur s'ouvre et peut être fermé lorsque des tensions comprises entre les limites spécifiées sont appliquées aux déclencheurs (voir 5.8.4 de la CEI 62271-1).

Si des réglages sont effectués pendant les essais de fonctionnement mécanique, la séquence complète des essais doit être à nouveau effectuée après les réglages.

8.6 Contrôles de conformité et contrôles visuels [7.102]

Le disjoncteur doit être contrôlé afin de vérifier sa conformité avec la spécification de la commande.

En particulier, les points suivants doivent être contrôlés:

- langue et indications portées sur les plaques signalétiques;
- identification des équipements auxiliaires;
- couleur et qualité de la peinture et protection contre la corrosion des surfaces métalliques;
- valeurs des résistances et des condensateurs reliés au circuit principal (si cela est applicable).

9 Guide pour le choix des disjoncteurs selon le service [8]

L'Article 8 de la CEI 62271-100 peut servir de guide pour le choix des caractéristiques du disjoncteur.

10 Renseignements à donner dans les appels d'offre, les soumissions et les commandes [9]

L'Article 9 de la CEI 62271-100 peut servir de guide pour la liste de renseignements à donner dans les appels d'offre, les soumissions et les commandes.

Ajout à 9.102 a) de la CEI 62271-100:

- 28) l'endurance électrique présumée du disjoncteur, exprimée en $(kA^2 \times n)$, indiquée sous la forme d'une somme maximale admissible de 1 à n, n étant le nombre de coupures, de courants coupés élevés au carré,
- 29) des critères permettant d'évaluer l'usure des parties actives.

Bibliographie

CEI 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050-446, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 446: Relais électriques*

CEI 60050-604, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Exploitation*

CEI 60050-605:1983, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 605: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Postes*

CEI 60050-811:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60060-1:1989 + corrigendum mars 1990, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales relatives aux essais*

CEI 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

CEI 60137:2003, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1000 V*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

CEI 60376, *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour utilisation dans les appareils électriques*

CEI 60470, *Contacteurs pour courant alternatif haute tension et démarreurs de moteurs à contacteurs*

CEI/TR 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 61000 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

CEI 62128-1, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Partie 1: Mesures de protection relatives à la sécurité électrique et à la mise à la terre*

CEI 62236 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*

CEI 62271-200:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 62497-2: *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 2: Surtensions et protections associées*

CEI 62278:2002, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

EN 50119, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

EN 50125-2:2002, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 2: Installations électriques fixes*



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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