

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated
voltages above 1 kV and up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif
de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated
voltages above 1 kV and up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif
de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XD**
CODE PRIX

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-1482-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	8
1 General	10
1.1 Scope	10
1.2 Normative references.....	10
2 Normal and special service conditions	11
3 Terms and definitions	11
3.1 Index of definitions.....	19
4 Ratings.....	21
4.1 Rated voltage (U_r)	21
4.1.2 Range II for rated voltages above 245 kV	21
4.2 Rated insulation level.....	22
4.3 Rated frequency (f_r).....	22
4.4 Rated normal current and temperature rise	22
4.4.1 Rated normal current (I_r)	22
4.4.2 Temperature rise	22
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	22
4.5.101 Rated short-time withstand current (I_k)	22
4.5.102 Rated short-time phase to earth withstand current (I_{ke}).....	22
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	22
4.6.101 Rated peak withstand current (I_p).....	23
4.6.102 Rated peak phase to earth withstand current (I_{pe}).....	23
4.7 Rated duration of short circuit (t_k).....	23
4.7.101 Rated duration of short circuit (t_k).....	23
4.7.102 Rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke})	23
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	23
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	23
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	23
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation	23
4.101 Ratings of the internal arc classification (IAC).....	23
4.101.1 General	23
4.101.2 Types of accessibility.....	23
4.101.3 Classified sides	24
4.101.4 Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})	24
4.101.5 Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})	24
4.102 Rated cable test voltages.....	24
4.102.1 General	24
4.102.2 Rated power-frequency cable test voltage U_{ct} (a.c.).....	25
4.102.3 Rated d.c. cable test voltage U_{ct} (d.c.)	25
5 Design and construction	25
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear.....	25
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	25
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	26
5.3.101 Earthing of the high-voltage conductive parts	26
5.3.102 Earthing of the enclosure.....	26

5.3.103	Earthing of earthing devices	26
5.3.104	Earthing of withdrawable and removable parts	26
5.3.105	Earthing circuit	26
5.4	Auxiliary and control equipment	27
5.5	Dependent power operation	27
5.6	Stored energy operation.....	27
5.7	Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	27
5.8	Operation of releases.....	27
5.9	Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices	27
5.10	Nameplates.....	27
5.11	Interlocking devices	29
5.12	Position indication.....	29
5.13	Degrees of protection by enclosures	30
5.13.1	Protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects (IP coding).....	30
5.13.2	Protection against ingress of water (IP coding)	30
5.13.3	Protection of equipment against mechanical impact under normal service conditions (IK coding)	30
5.14	Creepage distances for outdoor insulators	30
5.15	Gas and vacuum tightness	30
5.16	Liquid tightness.....	30
5.17	Fire hazard (flammability)	30
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC).....	30
5.19	X-ray emission.....	30
5.20	Corrosion	30
5.101	Internal arc fault.....	31
5.102	Solid insulating enclosure	31
5.102.1	General	31
5.102.2	Protection category of the solid insulating enclosure against electric shock	31
5.102.3	Requirements for protection categories.....	32
5.102.4	Covers and doors	33
5.102.5	Partition or shutter being part of the enclosure	33
5.102.6	Inspection windows.....	34
5.102.7	Ventilating openings, vent outlets	34
5.103	High-voltage compartments.....	34
5.103.1	General	34
5.103.2	Fluid-filled compartments (gas or liquid)	35
5.103.3	Partitions and shutters.....	36
5.104	Removable parts.....	37
5.105	Provisions for dielectric tests on cables	37
6	Type tests	37
6.1	General.....	37
6.1.1	Grouping of tests	38
6.1.2	Information for identification of specimens	39
6.1.3	Information to be included in type-test reports	39
6.2	Dielectric tests	39
6.2.1	Ambient air conditions during tests	39

6.2.2	Wet test procedure	39
6.2.3	Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests	39
6.2.4	Criteria to pass the test	39
6.2.5	Application of the test voltage and test conditions	39
6.2.6	Tests of switchgear and controlgear of $U_T \leq 245$ kV	40
6.2.7	Tests of switchgear and controlgear of $U_T > 245$ kV	41
6.2.8	Artificial pollution tests for outdoor insulators	41
6.2.9	Partial discharge tests	41
6.2.10	Dielectric tests on auxiliary and control circuits	42
6.2.11	Voltage test as condition check	42
6.2.101	Dielectric tests on cable testing circuits	42
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	43
6.4	Measurement of the resistance of circuits	43
6.4.1	Main circuit	43
6.4.2	Auxiliary circuits	43
6.4.101	Requirement for protection category PB2	43
6.5	Temperature-rise tests	43
6.5.1	Conditions of the switchgear and controlgear to be tested	44
6.5.2	Arrangement of the equipment	44
6.5.3	Measurement of the temperature and the temperature rise	44
6.5.4	Ambient air temperature	44
6.5.5	Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment	44
6.5.6	Interpretation of the temperature-rise tests	44
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	44
6.6.1	Arrangement of the switchgear and controlgear and of the test circuit	45
6.6.2	Test current and duration	46
6.6.3	Behaviour of switchgear and controlgear during test	46
6.6.4	Condition of switchgear and controlgear after test	46
6.7	Verification of the protection	46
6.7.1	Verification of the IP coding	46
6.7.2	Verification of the IK coding	46
6.8	Tightness tests	46
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	46
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	46
6.10.1	General	46
6.10.2	Functional tests	46
6.10.3	Electrical continuity of earthed metallic parts test	46
6.10.4	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts	47
6.10.5	Environmental tests	47
6.10.6	Dielectric test	47
6.11	X-radiation test procedures for vacuum interrupters	47
6.101	Verification of making and breaking capacities	47
6.101.1	General	47
6.101.2	Test requirements for main switching devices	48
6.101.3	Test requirements for earthing function	48
6.102	Mechanical operation tests	48
6.102.1	Switching devices and removable parts	48

6.102.2	Interlocks.....	49
6.103	Pressure withstand test for gas-filled compartments.....	50
6.103.1	Pressure withstand test for gas-filled compartments with pressure relief devices.....	50
6.103.2	Pressure withstand test for gas-filled compartments without pressure relief devices.....	50
6.104	Tests to prove the protection of persons against electric shock.....	50
6.104.1	General.....	50
6.104.2	Dielectric tests.....	50
6.104.3	Measurements of leakage currents.....	51
6.105	Internal arcing test.....	51
6.105.1	General.....	51
6.105.2	Test conditions.....	52
6.105.3	Arrangement of the equipment.....	53
6.105.4	Test procedure.....	53
6.105.5	Criteria to pass the test.....	53
6.105.6	Test report.....	54
6.105.7	Transferability of test results.....	55
6.106	Thermal stability test.....	55
6.107	Humidity test.....	55
7	Routine tests.....	55
7.1	Dielectric test on the main circuit.....	56
7.2	Tests on auxiliary and control circuits.....	56
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit.....	56
7.4	Tightness test.....	57
7.5	Design and visual checks.....	57
7.101	Partial discharge test.....	57
7.102	Mechanical operation tests.....	57
7.103	Pressure tests of gas-filled compartments.....	57
7.104	Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices.....	57
7.105	Tests after erection on site.....	58
7.106	Measurement of fluid condition after filling on site.....	58
8	Guide to the selection of switchgear and controlgear.....	58
8.101	General.....	58
8.102	Selection of rated values.....	59
8.103	Selection of design and construction.....	59
8.103.1	General.....	59
8.103.2	Architecture and accessibility to high-voltage compartments.....	60
8.103.3	Service continuity of the switchgear and controlgear.....	60
8.103.4	Partition classes.....	63
8.104	Internal arc fault.....	63
8.104.1	General.....	63
8.104.2	Causes and preventive measures.....	63
8.104.3	Supplementary protective measures.....	63
8.104.4	Considerations for the selection and installation.....	64
8.104.5	Internal arc test.....	65
8.104.6	IAC classification.....	65
8.105	Summary of technical requirements, ratings and optional tests.....	66
8.106	Ratings of earthing circuits.....	68

8.107	Ratings for cable testing	69
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	69
9.1	Information with enquiries and orders	69
9.2	Information with tenders.....	70
10	Transport, storage, installation, operation and maintenance	70
10.1	Conditions during transport, storage and installation	70
10.2	Installation	70
10.2.3	Mounting	71
10.3	Operation.....	71
10.4	Maintenance	71
11	Safety.....	71
11.101	Procedures	71
11.102	Internal arc aspects	71
12	Influence of the product on the environment	72
Annex AA (normative) Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC).....		73
AA.1	Room simulation	73
AA.2	Indicators (for assessing the thermal effects of the gases).....	75
AA.2.1	General	75
AA.2.2	Arrangement of indicators.....	75
AA.3	Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements	76
AA.4	Test parameters.....	76
AA.4.1	General	76
AA.4.2	Voltage	76
AA.4.3	Current	77
AA.4.4	Frequency	77
AA.5	Test procedure.....	77
AA.5.1	Supply circuit.....	77
AA.5.2	Arc initiation	78
Annex BB (normative) Partial discharge measurement.....		84
BB.1	General.....	84
BB.2	Application.....	84
BB.3	Test circuits and measuring instruments	84
BB.4	Test procedure.....	85
Annex CC (informative) Regional deviations		89
Annex DD (normative) Humidity test		90
DD.1	General.....	90
DD.2	Test procedure and test conditions	90
DD.2.1	Test cycle and its duration	90
DD.2.2	Generation of fog.....	91
DD.2.3	High air temperature period	91
DD.2.4	Test chamber.....	91
DD.2.5	Test object.....	91
DD.2.6	Test voltage and voltage supply.....	92
DD.2.7	Total test duration.....	92
DD.3	Test criteria and evaluation	92
DD.3.1	Criterion during the test	92
DD.3.2	Criterion after the test.....	92

DD.3.3	Evaluation of the test	92
Annex EE (informative)	Protection categories	94
EE.1	Protection category PA	94
EE.2	Protection category PB	95
Annex FF (informative)	List of symbols and abbreviations used in IEC 62271-201	96
Bibliography	97
Figure 101	– LSC1	62
Figure 102	– LSC2	62
Figure 103	– LSC2	62
Figure 104	– LSC2A	62
Figure 105	– LSC2B	62
Figure 106	– LSC2B	62
Figure AA.1	– Mounting frame for vertical indicators	80
Figure AA.2	– Horizontal indicator	80
Figure AA.3	– Position of the indicators	81
Figure AA.4	– Room simulation and indicator positioning for accessibility A, classified rear side, functional unit of any height	82
Figure AA.5	– Ceiling height stated from the floor or false floor level where the switchgear is actually placed	83
Figure BB.1	– Partial discharge test circuit (three-phase arrangement)	87
Figure BB.2	– Partial discharge test circuit (system without earthed neutral)	88
Figure DD.1	– Test cycle	93
Figure DD.2	– Test chamber	93
Figure EE.1	– Possible designs for protection category PA	94
Figure EE.2	– Possible designs for protection category PB	95
Table 101	– Nameplate information	28
Table 102	– Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal arc faults	64
Table 103	– Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing	66
Table 104	– Summary of technical requirements, ratings and optional tests for solid-insulation enclosed switchgear	67
Table AA.1	– Parameters for internal arc fault test according to compartment construction	79
Table BB.1	– Test circuits and procedures	86

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-201 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) apart from updating with the second edition of IEC 62271-200 (issued in 2011), definitions, classifications and testing procedures have been specified more precisely;
- b) access to the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is now restricted to authorized personnel only. This implies that “accessibility class B” (public access) has been deleted throughout the document;

- c) the term “protection category” has been introduced to replace the term “protection grade” (PA, PB1 and PB2)

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

FDIS	Report on voting
17C/594/FDIS	17C/597/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.

This standard should be read in conjunction with IEC 62271-1:2007 and its Amendment 1:2011, to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1. Amendments to these clauses and subclauses are given under the same numbering, whilst additional subclauses are numbered from 101.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex CC lists all of the “in-some-country” clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

A list of all parts in the IEC 62271 series, published under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

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

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

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

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 62271 specifies requirements for prefabricated solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV for indoor installation and for service frequencies up to and including 60 Hz.

Access to the switchgear and controlgear is restricted to authorized personnel.

NOTE 1 For the use of this document high-voltage (IEC 60050-601:1985, 601-01-27) is the rated voltage above 1 000 V. However, medium voltage (IEC 60050-601:1985, 601-01-28) is commonly used for distribution systems with voltages above 1 kV and generally applied up to and including 52 kV; refer to [1] of Bibliography.

NOTE 2 Although primarily dedicated to three-phase systems, this standard can also be applied to single-phase or two-phase systems.

Enclosures may include fixed and removable components and may be filled with fluid (liquid or gas) to provide an extra insulation. For switchgear and controlgear containing gas-filled compartments, the design pressure is limited to a maximum of 300 kPa (relative pressure).

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear complying with this standard can be safely touched when energised.

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for special use, for example, in flammable atmospheres, in mines or on board ships, may be subject to additional requirements.

Components contained in solid-insulation enclosed switchgear and controlgear are designed and tested in accordance with their various relevant standards. This standard supplements the standards for the individual components regarding their installation in switchgear and controlgear assemblies.

This standard does not preclude that other equipment may be included in the same enclosure. In such a case, any possible influence of that equipment on the switchgear and controlgear should be taken into account.

NOTE 3 Switchgear and controlgear assemblies having a metal enclosure are covered by IEC 62271-200 refer to [9] of Bibliography.

1.2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*
Amendment 1:2011

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

IEC 62271-102:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*
Amendment 1:2011
Amendment 2:2013

IEC 62271-103:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-105:2012, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-106:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 106: Alternating current contactors, contactor-based controllers and motor-starters*

ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

2 Normal and special service conditions

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

Unless otherwise specified in this standard, the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is designed to be used under normal indoor service conditions.

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, under the scope of IEC/TS 62271-304 and intended to be used in service conditions more severe with respect to condensation and pollution than the normal service conditions specified in this standard, may be classified with a "Design Class" 1 or 2 according to IEC/TS 62271-304 to demonstrate its ability to withstand such severe conditions.

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-151, IEC 60050-441 and IEC 62271-1 as well as the following apply.

NOTE Additional definitions are classified so as to be aligned with the classification system used in IEC 60050-441.

3.101**switchgear and controlgear**

general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-01]

3.102**assembly** (of switchgear and controlgear)

combination of switchgear and/or controlgear completely assembled with all internal electrical and mechanical interconnections

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-01]

3.103**solid-insulation enclosed switchgear and controlgear**

switchgear and controlgear assemblies with an external solid insulating enclosure and completely assembled, except for external connections

Note 1 to entry: The external insulation may be supplied with a (semi-)conducting layer.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-06, modified – modification of the wording]

3.104**functional unit** (of an assembly)

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear comprising all the components of the main circuits and auxiliary circuits that contribute to the fulfilment of a single function

Note 1 to entry: Functional units may be distinguished according to the function for which they are intended, for example, incoming unit, outgoing unit, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-04, modified – modification of the wording]

3.105**multi-tier design**

design of metal-enclosed switchgear in which the main switching devices of two or more functional units are arranged vertically (one above the other) within a common enclosure

3.106**transport unit**

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear suitable for shipment without being dismantled

3.107**solid insulating enclosure**

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear providing a specified degree of protection of equipment against external influences and a specified degree of protection against electric shock by limiting the approach to or contact with live parts and against contact with moving parts

Note 1 to entry: The main part of the enclosure is of solid insulating material, and may have added (semi-)conductive layers.

Note 2 to entry: If the resistance of the enclosure of the switchgear and controlgear to the earthing point provided is everywhere less than, or equal to, 100 mΩ, IEC 62271-200 is applicable.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modified – modification of the wording]

3.108

high-voltage compartment

compartment of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear containing high-voltage conducting parts, enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation.

Note 1 to entry: General definition of "compartment" is provided by IEC 60050-441:1984, 441-13-05, as "a part of an assembly enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation".

Note 2 to entry: A compartment may contain barriers, structures or components that are intended to provide various functions, such as mechanical or dielectrical, but not to function as a partition or enclosure.

Note 3 to entry: High-voltage compartments are identified according to the main component(s) contained therein (refer to 5.103.1).

Note 4 to entry: Four types of high-voltage compartments are distinguished, three that can be opened, called accessible (see 3.108.1 to 3.108.3) and one that cannot be opened, called non-accessible (see 3.108.4)

3.108.1

interlock-controlled accessible compartment

high-voltage compartment, intended to be opened for normal operation and/or normal maintenance as stated by the manufacturer, in which access is controlled by integral design of the switchgear and controlgear

Note 1 to entry: Installation, extension, repairing, etc. are not considered as normal maintenance.

3.108.2

procedure-based accessible compartment

high-voltage compartment, intended to be opened for normal operation and/or normal maintenance as stated by the manufacturer, in which access is controlled by a suitable procedure combined with locking

Note 1 to entry: Installation, extension, repairing, etc. are not considered as normal maintenance.

3.108.3

tool-based accessible compartment

high-voltage compartment that may be opened only through the use of tools, but not intended for opening during normal operation and maintenance

Note 1 to entry: Tool-based accessible compartment are submitted to special procedures.

3.108.4

non-accessible compartment

high-voltage compartment, that must not be opened

Note 1 to entry: Opening may destroy the integrity of the compartment.

3.109

connection compartment

high-voltage compartment in which electrical connections are made between the main circuit of the switchgear assembly and the external conductors (cables or bars) to the electrical network or high-voltage apparatus of the installation

Note 1 to entry: A connection compartment is not needed for a solid insulation enclosed switchgear, if the external connection can be safely touched.

3.110

partition

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear separating one high-voltage compartment from other compartments and providing a specified degree of protection

Note 1 to entry: Movable shutters intended for shielding may become an integral part of the partition.

Note 2 to entry: Partitions may be fitted with parts that allow interconnection between compartments (e.g. bushings).

Note 3 to entry: In 3.111 the only partition class considered in this standard is defined. This separate clause is introduced to keep the structure similar to the corresponding clauses in IEC 62271-200.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-06, modified – modification of the wording]

3.111

partition class PI

solid-insulation enclosed switchgear and controlgear having one or more non-metallic partitions or shutters between opened accessible compartments and live parts of the main circuit

3.112

shutter

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear that can be moved from a position where it permits contacts of a removable part, or moving contact of a disconnecter, to engage fixed contacts, to a position where it becomes a part of the solid insulating enclosure or partition shielding the fixed contacts

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-07, modified – modification of the wording]

3.113

segregation (of conductors)

arrangement of conductors with earthed metal interposed between them in such a manner that disruptive discharges can only occur to earth

Note 1 to entry: A segregation may be established between the conductors as well as between the open contacts of a switching device or disconnecter.

Note 2 to entry: This definition does not specify any mechanical protection (IP and IK).

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-11, modified – new notes]

3.114

bushing

structure carrying one or more conductors through an enclosure or partition and insulating the conductors from the enclosure or partition, including the means of attachment

3.115

component

essential part of the main or earthing circuits of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear which serves a specific function (for example, circuit-breaker, disconnecter, switch, fuse, instrument transformer, bushing, busbar)

3.116

solid-insulation embedded component

component, the live parts of which are integrally surrounded by solid insulating material, with the exception of the terminals, interfaces for driving mechanisms and secondary wiring

Note 1 to entry: The insulation may form part of the solid insulating enclosure.

3.117

main circuit

all the high-voltage conductive parts of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear included in a circuit which is intended to carry the rated normal current

Note 1 to entry: Connections to voltage transformers are not considered part of the main circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modified – modification of the wording and new note]

3.118
earthing circuit

conductors, connections and the conducting parts of earthing devices intended to connect the high-voltage conductive parts to the earthing system of the installation

3.119
auxiliary circuit

all the conductive parts of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear included in a circuit (other than the high-voltage parts) intended to control, measure, signal and regulate

Note 1 to entry: The auxiliary circuits of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-03, modified – modification of the wording]

3.120
pressure-relief device

device intended to relieve over pressure from a compartment

3.121
fluid-filled compartment

high-voltage compartment of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear filled with a fluid, either gas, other than ambient air, or liquid, for insulation purposes

3.121.1
gas-filled compartment

high-voltage compartment of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear in which the gas pressure is maintained by one of the following systems:

- a) controlled pressure system;
- b) closed pressure system;
- c) sealed pressure system.

Note 1 to entry: Several gas-filled compartments may be permanently interconnected to form a common gas-system (gastight assembly).

Note 2 to entry: For pressure systems related to gas tightness, refer to 3.6.5 and 3.6.6 of IEC 62271-1:2007.

[SOURCE: IEC 62271-1:2007, 3.6.6.1, modified – modification of the wording]

3.121.2
liquid-filled compartment

high-voltage compartment of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear in which the liquid is at atmospheric pressure, or under pressure that is maintained by one of the following systems:

- a) controlled pressure system;
- b) closed pressure system;
- c) sealed pressure system

Note 1 to entry: For pressure systems, refer to 3.6.5 of IEC 62271-1:2007.

3.122
relative pressure

pressure, referred to the standard atmospheric pressure of 101,3 kPa

3.123**minimum functional level** (of fluid-filled compartments)

gas pressure (relative pressure) in Pa (or density) or liquid mass at and above which the rated values of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear are maintained

3.124**design level** (of fluid-filled compartments)

gas pressure (relative pressure) in Pa (or density) or liquid mass used to determine the design of a gas-filled compartment or mass for a liquid-filled compartment

3.125**design temperature** (of fluid-filled compartments)

highest temperature which can be reached by the gas or liquid under service conditions

3.126**ambient air temperature** (of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear)

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the enclosure of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear

3.127**removable part**

part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear connected to the main circuit and that may be removed entirely from the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear and replaced, even though the main circuit of the functional unit is live

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-08, modified – modification of the wording]

3.128**withdrawable part**

removable part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear that can be moved to positions in which an isolating distance or segregation between open contacts is established, while the part remains mechanically attached to the enclosure

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-09, modified – modification of the wording]

3.129**service position****connected position**

position of a removable part in which it is fully connected for its intended function

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-25]

3.130**earthing position** (of a removable part)

position of a removable part or state of a disconnecter in which the closing of a mechanical switching device causes a main circuit to be short-circuited and earthed

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-26, modified – modification of the wording]

3.131**test position** (of a withdrawable part)

position of a withdrawable part in which an isolating distance or segregation is established in the main circuit and in which the auxiliary circuits are connected

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-27]

3.132**disconnected position** (of a withdrawable part)

position of a withdrawable part in which an isolating distance or segregation is established in the circuits of the withdrawable part, that part remaining mechanically attached to the enclosure

Note 1 to entry: In high-voltage solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, the auxiliary circuits may not be disconnected.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-28, modified – modification of the wording]

3.133**removed position** (of a removable part)

position of a removable part when it is outside and mechanically and electrically separated from the enclosure

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-29, modified – modification of the wording]

3.134**loss of service continuity category****LSC**

category defining the possibility to keep other compartments and/or functional units energized when opening an accessible high-voltage compartment, if any, as stated in definitions 3.108.1 to 3.108.3.

Note 1 to entry: The LSC category describes the extent to which the switchgear and controlgear is intended to remain operational in case access to a main-circuit compartment is provided. The extent to which it is considered necessary to open high-voltage compartments with a live installation might be dependent on several aspects (refer to 8.103).

Note 2 to entry: The LSC category does not describe ranks of reliability of switchgear and controlgear (refer to 8.103).

Note 3 to entry: According to accessible compartments and service continuity, four categories are possible: LSC1, LSC2, LSC2A, LSC2B.

3.134.1**category LSC2 functional unit**

functional unit having at least an accessible compartment for the high-voltage connection, such that, when this compartment is open, at least one busbar can remain energized and all other functional units of the switchgear and controlgear can be operated normally

Note 1 to entry: When LSC2 functional units have accessible compartments other than the connection compartment, further subdivisions into LSC2A and LSC2B are defined.

Note 2 to entry: An accessible compartment for the high-voltage connection is called connection compartment.

3.134.1.1**category LSC2A functional unit**

functional unit of category LSC2 such that, when any accessible compartment (other than the busbar compartment of single-busbar switchgear and controlgear) is open, at least one busbar can remain energized and all other functional units of the switchgear and controlgear can be operated normally

3.134.1.2**category LSC2B functional unit**

functional unit of category LSC2A, where the high-voltage connections (e.g. cable connections) to the functional unit can remain energized when any other accessible high-voltage compartment of the corresponding functional unit is open

3.134.2**category LSC1 functional unit**

functional unit having one or more high-voltage accessible compartments, such that, when any of these accessible high-voltage compartments is open, at least one other functional unit cannot remain energised

3.135**internal arc classified switchgear and controlgear****IAC**

solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for which prescribed criteria for protection of persons are met in the event of internal arc as demonstrated by type tests

Note 1 to entry: The internal arc classification is described by the characteristics given from 3.135.1 to 3.135.4.

3.135.1**type of accessibility**

characteristic related to the level of protection given to people accessing a defined area around the enclosure of switchgear and controlgear

3.135.2**classified sides**

characteristic related to the accessible sides having a defined level of protection of persons given by the enclosure of the switchgear and controlgear in the event of internal arc

3.135.3**arc fault current**

three-phase and – where applicable – the single phase-to-earth r.m.s. value of the internal arc fault current for which the switchgear and controlgear is designed to protect persons in the event of an internal arc

3.135.4**arc fault duration**

duration of the internal arc fault current for which the switchgear and controlgear is designed to protect persons in the event of an internal arc

3.136**degree of protection**

extent of protection provided by an enclosure, partition or shutter if applicable against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or ingress of water and verified by standardized test methods

[SOURCE: IEC 60529:1989, 3.3, modified – modification of the wording]

3.137**rated value**

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment or system

Note 1 to entry: Refer to Clause 4 for individual rated values.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.138**disruptive discharge**

phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero

Note 1 to entry: The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

Note 2 to entry: A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

Note 3 to entry: The term “sparkover” is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric. The term “flashover” is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in a gaseous or liquid medium. The term “puncture” is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

3.139

electric shock

physiological effect resulting from an electric current through a human or animal body

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.140

protection category against electric shock

category of protection of the accessible solid insulating surfaces against electric shock

Note 1 to entry: This protection category against electric shock is treated separately from the degree of protection, as defined in 3.136

3.140.1

protection category PA

Category of protection against electric shock in which the insulation consists of at least one layer of solid insulating material

3.140.2

protection categories PB

categories of protection against electric shock in which the insulation consists of at least one extra layer to the protection category PA layer

Note 1 to entry: Two different designs for category PB are recognized, PB1 and PB2.

Note 2 to entry: The extra layer is added as a safeguard for touching, even in case the protection category PA insulation is damaged.

3.140.2.1

protection category PB1

category of protection against electric shock in which an extra insulation layer is added to the category PA insulation

Note 1 to entry: One layer can consist of an insulating fluid.

3.140.2.2

protection category PB2

category of protection against electric shock in which an earthed conductive layer with resistance less than 100 mΩ is added to the category PA insulation

Note 1 to entry: The resistance less than 100 mΩ is defined between the accessible points of the conductive layer to the earthing point provided.

3.2 Index of definitions

	A	
ambient air temperature		3.126
arc fault current		3.135.3
arc fault duration		3.135.4
assembly		3.102
auxiliary circuit		3.119

B, C & D

bushing	3.114
category LSC1 functional unit	3.134.2
category LSC2 functional units	3.134.1
classified sides	3.135.2
component	3.115
connection compartment	3.109
degree of protection	3.136
design level	3.124
design temperature	3.125
disconnected position	3.132
disruptive discharge	3.138
E & F	
earthing circuit	3.118
earthing position	3.130
electric shock	3.139
fluid-filled compartment	3.121
functional unit	3.104
G, H & I	
gas-filled compartment	3.121.1
high-voltage compartment	3.108
interlock-controlled accessible compartment	3.108.1
internal arc classified switchgear and controlgear IAC	3.135
L, M & N	
liquid-filled compartment	3.121.2
loss of service continuity category LSC	3.134
LSC2A	3.134.1.1
LSC2B	3.134.1.2
main circuit	3.117
minimum functional level	3.123
multi-tier design	3.105
non-accessible compartment	3.108.4
P	
partition	3.110
partition class PI	3.111
pressure-relief device	3.120
procedure-based accessible compartment	3.108.2
protection category against electric shock	3.140
protection category PA	3.140.1
protection categories PB	3.140.2
protection categories PB1	3.140.2.1
protection categories PB2	3.140.2.2

R, S & T

rated value	3.137
relative pressure	3.122
removable part	3.127
removed position	3.133
segregation	3.113
service position	3.129
shutter	3.112
solid insulating enclosure	3.107
solid-insulation embedded component	3.116
solid-insulation enclosed switchgear and controlgear	3.103
switchgear and controlgear	3.101
test position	3.131
tool-based accessible compartment	3.108.3
transport unit	3.106
type of accessibility	3.135.1

W

withdrawable part	3.128
--------------------------	--------------

4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

The ratings of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear are the following:

- a) rated voltage (U_r) and number of phases;
- b) rated insulation level;
- c) rated frequency (f_r);
- d) rated normal current (I_r) (for main circuits);
- e) rated short-time withstand current (I_k, I_{ke}) (for main and earthing circuits);
- f) rated peak withstand current (I_p, I_{pe}), if applicable (for main and earthing circuits);
- g) rated duration of short circuit (t_k, t_{ke}) (for main and earthing circuits);
- h) rated values of the components forming part of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear including their operating devices and auxiliary equipment;
- i) rated filling level (of fluid-filled compartments);
- j) ratings of the internal arc classifications (IAC), if assigned by manufacturer.

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclause 4.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

NOTE Components forming part of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear can have individual values of rated voltage in accordance with their relevant standards.

4.1.2 Range II for rated voltages above 245 kV

Subclause 4.1.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

Some main circuits of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear (for example, busbars, feeder circuits) may have differing values of rated normal current.

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The temperature rise of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear containing components which are subject to individual specifications shall not cause these components to exceed the temperature limits permitted in the relevant standard for those components.

The maximum permissible temperatures and temperature rises to be taken into account for busbars are those specified for contacts, connections and metal parts in contact with insulation, as the case may be.

The temperature rise for accessible enclosures and covers shall not exceed 30 K for metal surfaces and 40 K for solid insulating and semi-conductive surfaces. In the case of enclosures and covers that are accessible but need not be touched during normal operation, the temperature-rise limit may be increased by 10 K.

4.5 Rated short-time withstand current (I_k)

For the rated short-time withstand currents I_k and I_{ke} , 4.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Additional subclauses:

4.5.101 Rated short-time withstand current (I_k)

NOTE In principle, the rated short-time withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

4.5.102 Rated short-time phase to earth withstand current (I_{ke})

A rated short-time withstand phase to earth current shall be assigned to the earthing circuit (I_{ke}). This value may differ from that of the main circuit.

NOTE The short-circuit current ratings applicable to the earthing circuit depend upon the type of system neutral earthing for which it is intended. See 8.106.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Additional subclauses:

4.6.101 Rated peak withstand current (I_p)

NOTE In principle, the rated peak withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

4.6.102 Rated peak phase to earth withstand current (I_{pe})

A rated peak withstand phase to earth current shall be assigned to the earthing circuit (I_{pe}). This value may differ from that of the main circuit.

4.7 Rated duration of short circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Additional subclauses:

4.7.101 Rated duration of short circuit (t_k)

NOTE In principle, the rated duration of short circuit for a main circuit cannot exceed the corresponding rated value of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or high-voltage compartment, advantage can be taken of apparatus limiting the duration of the short-circuit current, such as current-limiting fuses.

4.7.102 Rated duration of phase to earth short circuit (t_{ke})

A rated duration of phase to earth short circuit shall be assigned to the earthing circuit (t_{ke}). This value may differ from that of the main circuit.

4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)

Subclause 4.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

Subclause 4.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 4.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation

Subclause 4.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable, except as follows.

Additional subclauses:

4.101 Ratings of the internal arc classification (IAC)

4.101.1 General

If an IAC classification is assigned by the manufacturer, several ratings shall be specified. These ratings are subdivided into type of accessibility, classified sides, arc fault currents and arc fault durations.

4.101.2 Types of accessibility

One type of accessibility to the enclosure of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear at the site of installation is defined:

Accessibility Type A: restricted to authorized personnel only.

NOTE IAC classification as defined in this Standard does not apply to opened compartments and to arc protection between compartments. IEEE C.37.20.7 addresses these topics in Suffix B designation for opened low-voltage compartments and in Suffix C designation for arc protection between compartments; refer to [12] of Bibliography.

4.101.3 Classified sides

For accessibility type A the sides of the enclosure which meet the criteria of the internal arc test are designated as

F for front side
L for lateral side
R for rear side

The front side shall be clearly stated by the manufacturer.

4.101.4 Rated arc fault currents (I_A , I_{Ae})

The standard value of rated arc fault currents should be selected from the R 10 series specified in IEC 60059; refer to [3] of Bibliography

Two ratings of the arc fault currents are recognised:

- a) three-phase arc fault current (I_A),
- b) single phase-to earth arc fault current (I_{Ae}), when applicable.

When only a three-phase rating is specified, the single phase rating is by default 87 % of the three-phase rating, and need not be specified.

NOTE 1 The manufacturer specifies the compartments to which the single phase-to earth arc fault current rating applies. Such value is assigned to switchgear and controlgear where its construction will prevent the arc from becoming multiphase, as demonstrated during the internal arc test.

NOTE 2 Rationale for this 87 % is the arc fault test with 2-phase ignition; refer to AA.5.2

In the case where all high-voltage compartments are only designed for single phase-to-earth arc faults, I_A rating shall not be assigned (refer to AA.5.2).

NOTE 3 Information about the relationship between type of neutral earthing and the single phase-to-earth arc fault current is provided in 8.104.6.

4.101.5 Rated arc fault duration (t_A , t_{Ae})

Standard recommended values for the three-phase arc fault duration (t_A) are 0,1 s, 0,5 s and 1 s.

If applicable, the test duration (t_{Ae}) of the single phase-to-earth arc fault shall be stated by the manufacturer.

NOTE It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test.

4.102 Rated cable test voltages

4.102.1 General

If switchgear is designed to allow the dielectric testing of cables while the cables are connected to the switchgear, one or more rated cable test voltages shall be assigned by the manufacturer.

4.102.2 Rated power-frequency cable test voltage U_{ct} (a.c.)

The rated power frequency cable test voltage is the maximum a.c. test voltage that may be applied to cables when connected to the switchgear and controlgear, which may be in service.

4.102.3 Rated d.c. cable test voltage U_{ct} (d.c.)

The rated d.c. cable test voltage is the maximum d.c. test voltage that may be applied to cables when connected to the switchgear and controlgear, which may be in service.

NOTE A rated d.c. cable test voltage can be considered to also apply for very low frequency testing (e.g. 0,1 Hz). Guidance can be found in IEEE 400.2; refer to [13] of Bibliography

5 Design and construction

Clause 5 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be designed so that the following operations can be carried out safely:

- normal service, inspection and maintenance,
- determination of the energized or de-energized state of the main circuit, including the checking of phase sequence,
- earthing of connected cables, locating of cable faults, voltage tests on connected cables or other apparatus and the elimination of dangerous electrostatic charges.

For solid-insulation enclosed switchgear and controlgear it is necessary to take into account condensation and humidity conditions because such equipment has to be safe for persons touching it, not only in a dry state, but also with condensation on solid insulating surfaces.

All removable parts and components of the same type, rating and construction shall be mechanically and electrically interchangeable.

Removable parts and components of equal or greater current and insulation ratings may be installed in place of removable parts and components of equal or lesser current and insulation ratings where the design of these removable parts and components and compartment allows mechanical interchange ability. This does not generally apply for current-limiting devices.

NOTE Installing a removable part or component of a higher rating does not necessarily increase the capabilities of a functional unit or imply the functional unit is capable of operation at the increased ratings of the removable part or component.

The various components within the solid insulating enclosure are subject to the individual specifications applying to them.

For main circuits with current-limiting fuses, the manufacturer of the switchgear and controlgear may assign the maximum peak and Joule integral of the let-through current of the fuses to the main circuit downstream of the fuse.

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 5.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 5.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

NOTE For handling of SF₆, refer to IEC/TR 62271-4. ([10] of Bibliography) .

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 5.3. of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Additional subclauses:

5.3.101 Earthing of the high-voltage conductive parts

To ensure personnel protection during maintenance work, all of the high-voltage conductive parts to which access is required or provided shall be capable of being earthed prior to becoming accessible. This does not apply to removable parts from which the high-voltage conductive parts become accessible after being separated from the switchgear and controlgear.

5.3.102 Earthing of the enclosure

If the enclosure has conductive layers intended to be earthed, there are two options:

- for category PA and PB1, the resistance to the earthing point provided is not prescribed;
- for category PB2, the resistance from any position on these conductive layers shall not exceed 100 mΩ resistance (at 30 A d.c.) to the earthing point provided.

5.3.103 Earthing of earthing devices

Where earthing connections have to carry the full three-phase short-circuit current (as in the case of the short-circuiting connections used for earthing devices), these connections shall be dimensioned accordingly.

5.3.104 Earthing of withdrawable and removable parts

The normally earthed metallic parts of a withdrawable part shall remain connected to earth in the test and disconnected positions and in any intermediate position. Connections to earth in any position shall not exceed 100 mΩ resistance (at 30 A d.c.) to the earthing point provided.

On insertion, the normally earthed metallic parts of a removable part shall be connected to earth prior to the making of the contacts of the fixed and removable parts of the main circuit.

If the withdrawable or removable part includes any earthing device, intended to earth the main circuit, then the earthing connection in the service position shall be considered as part of the earthing circuit with associated rated values (4.5, 4.6 and 4.7).

5.3.105 Earthing circuit

An earthing conductor shall be provided extending the whole length of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear. The earthing conductor shall be capable of carrying the rated short time and peak phase to earth withstand currents from each functional unit to the terminal which is intended for connection to the earth system of the installation. Its cross-section shall be not less than 30 mm².

NOTE 1 The current density in the earthing conductor, if of copper, does not exceed 200 A/mm² for a rated duration of short circuit of 1 s, and 125 A/mm² for a rated duration of short circuit of 3 s under the specified earth-fault conditions.

NOTE 2 A method of calculating cross-sectional areas of conductors is given in IEC 60724; refer to [6] of Bibliography.

The earthing circuit is normally designed to withstand one occurrence of a single short-circuit fault, and maintenance could be needed after such an event; refer also to 8.106.

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be provided with durable and clearly legible nameplates which shall contain the information in accordance with Table 101.

The information according to Table 101, of the complete switchgear and controlgear shall be legible during normal service. If applicable, one common nameplate for the complete switchgear and controlgear may apply with the general information, with a separate nameplate for each functional unit, containing the specific information.

Detailed information of the fixed components applied need not to be legible during normal service.

Nameplates for removable parts, need only be legible in the removed position.

Table 101 – Nameplate information

	Symbol	Unit	(**)	Condition: Marking only required if
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Manufacturer			X	
Manufacturer's type designation			X	
Serial number			X	
Instruction book reference			X	
Year of manufacture			X	
Applicable standard			X	
Rated voltage	U_r	kV	X	
Rated frequency	f_r	Hz	X	
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	kV	X	
Rated power frequency withstand voltage	U_d	kV	X	
Rated power-frequency cable test voltage	U_{ct} (a.c.)	kV	(X)	
Rated d.c. cable test voltage	U_{ct} (d.c.)	kV	(X)	
Rated normal current	I_r	A	X	
Rated short-time withstand current	I_k	kA	X	
Rated peak withstand current	I_p	kA	Y	Different from 2,5 for 50 Hz and 2,6 for 60 Hz
Rated duration of short circuit	t_k	s	X	
Rated short-time withstand current for earthing circuits	I_{ke}	kA	Y	Different from I_k (main circuit)
Rated peak withstand current for earthing circuits	I_{pe}	kA	Y	Different from I_p (main circuit) and different from 2,5 I_{ke} for 50 Hz and 2,6 I_{ke} for 60 Hz
Rated duration of short circuit for earthing circuits	t_{ke}	s	Y	Different from t_k (main circuit)
Mass of solid insulating material		kg	X	
Rated filling level for insulation (*)	p_{re}	kPa, MPa or kg	(X)	
Alarm level for insulation (*)	p_{ae}	kPa, MPa or kg	(X)	
Minimum functional level for insulation (*)	p_{me}	kPa, MPa or kg	(X)	
Loss of Service Continuity category	LSC		X	
Insulating fluid and mass		kg	(X)	
Internal arc classification	IAC		(X)	
Type of accessibility		A	(X)	
Classified sides		F,L,R	(X)	
Arc fault current and duration	I_A, t_A	kA, s	(X)	
Single phase to earth arc fault current and duration	I_{Ae}, t_{Ae}	kA, s	Y	IAC is assigned and I_{Ae} differs from 87 % of I_A
(*) Absolute pressure (abs.) or relative pressure (rel.) to be stated				
(**) X = the marking of these values is mandatory;				
(X) = the marking of these values is as applicable;				
Y = conditions for the marking of these values are given in column (5).				
NOTE 1 The symbol in column (2) can be used instead of the terms in column (1).				
NOTE 2 When terms in column (1) are used, the word "rated" need not appear.				

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Interlocks between different components of the equipment are provided for reasons of protection and for convenience of operation. Interlocks shall not be damaged by attempted incorrect operations of any associated switching devices under the conditions specified in 6.102.2. The following provisions are mandatory for main circuits:

a) Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear with removable parts:

The withdrawal or engagement of a circuit-breaker, switch or contactor shall be prevented unless it is in the open position.

The operation of a circuit-breaker, switch or contactor shall be prevented unless it is in the service, disconnected, removed, test or earthing position.

The interlock shall prevent the closing of the circuit-breaker, switch or contactor in the service position unless all auxiliary circuits associated with the automatic opening of these devices are connected. Conversely, it shall prevent the disconnection of any auxiliary circuits with the circuit-breaker closed in the service position.

b) Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear provided with disconnectors:

Interlocks shall be provided to prevent operation of disconnectors under conditions other than those for which they are intended (refer to IEC 62271-102). The operation of a disconnector shall be prevented unless the circuit-breaker, switch or contactor is in the open position.

NOTE 1 This rule can be disregarded if it is possible to have a busbar transfer in a double busbar system without current interruption.

The operation of the circuit-breaker, switch or contactor shall be prevented unless the associated disconnector is in the closed, open or earthing position (if provided).

The provision of additional or alternative interlocks shall be subject to agreement between manufacturer and user. The manufacturer shall give all necessary information on the character and function of interlocks.

Earthing switches having a rated short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current of the main circuit should be interlocked with the associated disconnector or main switching device in opened position.

Apparatus installed in main circuits, the incorrect operation of which can cause damage or which are used for securing isolating distances during maintenance work, shall be provided with locking facilities (for example provision for padlocks).

If earthing of a circuit is provided by the main switching device (circuit-breaker, switch or contactor) in series with an earthing switch, the earthing switch shall be interlocked with the main switching device. Provision shall be made for the main switching device to be secured against unintentional opening, for example, by disconnection of tripping circuits and blocking of the mechanical trip.

NOTE 2 Instead of an earthing switch, any other device in its earthing position is possible.

If non-mechanical interlocks are provided, the design shall be such that no improper situations can occur in case of lack of auxiliary supply. However, for emergency control, the manufacturer may provide additional means for manual operation without interlocking facilities. In such case, the manufacturer shall clearly identify this facility and define the procedures for operation.

5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

In addition, for all devices involved in disconnecting and earthing functions, subclause 5.104.3 of IEC 62271-102:2001 is applicable.

5.13 Degrees of protection provided by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.13.1 Protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects (IP coding)

Subclause 5.13.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

Specific requirements are specified in 5.102 and 5.103.

5.13.2 Protection against ingress of water (IP coding)

Subclause 5.13.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.13.3 Protection of equipment against mechanical impact under normal service conditions (IK coding)

Subclause 5.13.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

The minimum impact level is IK06 to IEC 62262 (1 J).

5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

Refer to 5.103.2.3.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

Refer to 5.103.2.3.

5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.19 X-ray emission

Subclause 5.19 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

5.20 Corrosion

Subclause 5.20 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclauses:

5.101 Internal arc fault

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear that satisfy the requirements of this standard is designed and manufactured, in principle, to prevent the occurrence of internal arc faults. However, where internal arc classification is assigned, the switchgear and controlgear shall be designed to give a defined level of protection of persons in the event of an internal arc, when the switchgear and controlgear is in normal service condition.

If an internal arc classification is assigned by the manufacturer and verified by type tests according to 6.105, the classification shall be indicated by means of a designation as follows:

- Classification: IAC (Internal Arc Classified)
- Type accessibility: A
- Classified sides of the enclosure: F, L, R
- Rated three-phase arc fault values: current [kA] and duration [s]
- Rated single-phase arc fault values (where applicable): current [kA] and duration [s]

This designation shall be included in the nameplate (refer to 5.10)

Some examples for designations of the IAC classification are given in 8.104.6.

5.102 Solid insulating enclosure

5.102.1 General

The complete solid insulating enclosure as well as the materials used in the construction shall be capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses as well as the effects of humidity which are likely to be encountered under the specified service conditions.

When the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is installed, the enclosure shall provide at least the degree of protection IP 2X, according IEC 62271-1:2007, Table 7. The specified degree of protection shall be provided by the enclosure with all the doors and covers closed as under normal service conditions, independent of how these doors and covers are held in position.

The walls of a room shall not be considered as parts of the enclosure. The floor surface below the installed switchgear and controlgear may be considered as part of the enclosure. The measures to be taken in order to obtain the degree of protection provided by floor surfaces shall be given in the installation manual.

A higher degree of protection may be specified in accordance with IEC 60529.

Parts of the enclosure bordering non-accessible compartments shall be provided with a clear indication not to be dismantled.

The horizontal surfaces of enclosures, for example, roof plates, are normally not designed to support personnel or additional equipment not supplied as part of the assembly. If the manufacturer states that it is necessary to stand or walk upon the switchgear or controlgear during operation or maintenance, the design shall be such that the relevant areas will support the weight of the operator without undue distortion and the equipment will remain suitable for its purpose. In such case, those areas on the equipment where it is not safe to stand or walk, for example, pressure relief flaps, shall be clearly identified.

5.102.2 Protection category of the solid insulating enclosure against electric shock

The solid insulating enclosure shall provide protection of persons against electric shock when touching the enclosure or operating solid-insulation enclosed switchgear and controlgear in service conditions. The following two categories of protection are distinguished:

- Protection category PA with an insulation which meets all the requirements given in the items a) to d) of 5.102.3 is generally sufficient for those parts of the enclosure which are touched by persons only accidentally or inadvertently. The insulation may be supplied with a conductive layer.

NOTE The impedance to earth of the conductive layer for category PA is not specified, as the requirement of 5.102.3 d) applies.

- Protection category PB is considered as suitable for parts of the enclosure which are liable to be touched when operating, when replacing removable parts or when carrying out other normal maintenance work. Two different designs for category PB are distinguished:
 - PB1 with an insulation which meets, in addition to those of protection category PA, the requirements given in item e) or f) of 5.102.3 as a safeguard in case the protection category PA insulation is damaged;
 - PB2 with an insulation of protection category PA, supplied with an earthed conductive layer. This earthed conductive layer shall meet the requirements given in item g) of 5.102.3.

5.102.3 Requirements for protection categories

Reference is made to the informative Annex EE for clarification.

For protection category PA, the solid insulating enclosure shall meet the following requirements:

- a) The insulation between parts of the main circuit and the accessible surface of the solid insulating enclosure of the total assembly shall be capable of withstanding the test voltages specified in 6.2.6 for dielectric tests to earth and between phases;
- b) Apart from mechanical considerations, the thickness of the insulating material of solid insulating enclosures shall be sufficient to withstand the test voltages specified in item a). The methods specified in IEC 60243-1 may be applied;
- c) The insulation between live parts of the main circuit and the inner surface of solid insulating partitions and shutters facing these shall withstand at least 150 % of U_r ;
- d) Capacitive and leakage currents shall not be greater than 0,5 mA under the specified test conditions (refer to 6.104.3). Leakage currents may reach the accessible side of the insulation by a continuous path over solid insulating surfaces or by a path broken only by small gaps of gas or liquid.

For protection category PB1, the requirements of protection category PA and one of the following additional requirements shall be met by the solid insulating enclosure.

- e) The solid insulating enclosure shall consist of at least two layers of insulating material, one of which shall comply with the requirements of item b). The other layer shall be able to withstand only a 1 min power-frequency test voltage equal to 150 % of U_r . It shall not be possible to remove the additional insulation without the aid of a tool;
- f) The solid insulating enclosure contains an insulation fluid. In these cases, it shall be ensured that the insulation of the main circuit with respect to the internal surface of the solid insulating enclosure is capable of withstanding a 1 min power-frequency test voltage equal to 150 % of U_r , even when the gaseous or liquid insulation fluid is replaced by ambient air at normal atmospheric pressure.

NOTE 1 In this case, the extra requirement for PB protection is achieved on the inside of the PA protection. Refer also to Figure EE.2b.

For protection category PB2, the requirements of protection category PA and the following additional requirement shall be met.

- g) The resistance of the earthed conductive layer shall be maximum 100 m Ω (at 30 A d.c.) to the earthing point provided.

NOTE 2 If the category PB2 is complete for the whole switchgear, IEC 62271-200 is applicable.

NOTE 3 If the resistance of the earthed conductive layer to the earthing point provided is higher than 100 mΩ (at 30 A d.c.) category PA is applicable.

5.102.4 Covers and doors

When covers and doors that are part of the enclosure are closed, they shall provide the degree of protection specified for the solid insulating enclosure.

When ventilating openings, vent outlets or inspection windows are incorporated in the cover or door, reference is made to 5.102.6 or to 5.102.7.

Covers or doors that exclusively give access to compartments which are not high-voltage compartments (e.g. low-voltage control compartment, or possible mechanism compartment), are not subject to this subclause.

Several categories of covers or doors are recognized with regard to the type of high-voltage accessible compartments they provide access to:

a) Covers or doors that give access to tool-based accessible compartments.

These covers or doors (fixed covers) need not be opened for the normal purposes of operation and/or maintenance as stated by the manufacturer. It shall not be possible for them to be opened, dismantled or removed without the use of tools;

NOTE 1 They are opened only when precautions to ensure electrical safety have been taken.

NOTE 2 Attention is paid to the requirement (if any) to carry out operation of the switching devices without voltage/current on the main circuit with doors and covers open as part of the maintenance procedures.

b) Covers or doors that give access to interlock-controlled accessible or procedure-based accessible compartments.

These covers or doors shall be provided if there is a need to access the compartment for normal operation and/or normal maintenance as stated by the manufacturer. These covers or doors shall not require tools for their opening or removal and shall have the following features.

– Interlock controlled accessible compartments:

These shall be provided with interlocking devices so that opening of the compartment shall only be possible when the part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the disconnected position with corresponding shutters closed;

– Procedure-based accessible compartments:

These shall be provided with provision for locking, for example, padlocking.

NOTE 3 Suitable procedures are put in place by the user to ensure that a procedure-based accessible compartment can be opened only when the high-voltage parts contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the disconnected position with corresponding shutters closed. Procedures can be dictated by legislation of the country of installation or by user safety documentation.

NOTE 4 If interlock-controlled or procedure-based accessible compartments have other covers that can be opened by tools, proper procedures or specific warning labels can be applicable.

5.102.5 Partition or shutter being part of the enclosure

If partitions or shutters become part of the enclosure with the removable part in any of the positions defined in 3.130 to 3.133, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure. In this case shutters also shall meet the requirements specified for protection category PB, if liable to be touched.

In this respect it may be noted:

- a partition or shutter becomes a part of the enclosure, if it is accessible in any of the positions defined in 3.130 to 3.133 and if no door is provided which can be closed in the positions defined in 3.129 to 3.133;
- if a door is provided which can be closed in the positions defined in 3.129 to 3.133 the partition or shutter behind the door is not considered to be a part of the enclosure.

5.102.6 Inspection windows

Inspection windows shall provide at least the degree of protection specified for the enclosure.

Inspection windows shall be covered by transparent sheets of mechanical strength comparable to that of the solid insulating enclosure. They shall meet at least the requirements of solid insulating enclosures specified for protection category PB.

5.102.7 Ventilating openings, vent outlets

Ventilating openings and vent outlets shall be so arranged or shielded that the same degree of protection as that specified for the solid insulating enclosure is obtained. Such openings may make use of wire mesh or the like provided that it is of suitable mechanical strength.

Ventilating openings and vent outlets shall be arranged in such a way that gas or vapour escaping under pressure does not endanger the operator.

5.103 High-voltage compartments

5.103.1 General

A high-voltage compartment shall be designated by the main component contained therein, for example, circuit-breaker compartment, busbar compartment, or by the main functionality provided, for example connection compartment, etc.

Where cable terminations are contained in a compartment with other main components (for example, circuit-breaker, busbars, etc.) then the designation shall primarily be that of the other main component.

NOTE Compartments can be further identified according to the several components enclosed, for example, connection /CT compartment, etc.

Compartments may be of various types, for example:

- air insulated;
- liquid-filled (see 5.103.2);
- gas-filled (see 5.103.2).

Openings necessary for interconnection between compartments shall be closed with bushings or other equivalent means.

Busbar compartments may extend through several functional units without the need for bushings or other equivalent means. However, in case of LSC2 equipment (see 8.103.3), separate compartments shall be provided for each set of busbars, for example, in double busbar systems and for sections of switchable or disconnectable busbars.

High-voltage parts with solid insulating material, that are intended to remain live when accessing the high-voltage compartment, shall comply with 5.102.2.

5.103.2 Fluid-filled compartments (gas or liquid)

5.103.2.1 General

Compartments shall be capable of withstanding the normal and transient pressures to which they are subjected in service.

Gas-filled compartments, when permanently pressurized in service, are subjected to particular conditions of service which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels. These conditions are as follows:

- gas-filled compartments are normally filled with a non-corrosive gas, thoroughly dried, stable and inert; since measures to maintain the gas in this condition with only small fluctuations in pressure are fundamental to the operation of the switchgear and controlgear and since the compartments will not be subjected to internal corrosion, there is no need to make allowances for these factors in determining the design of the compartments;
- the design pressure is below, or equal to, 300 kPa (relative pressure).

5.103.2.2 Design

The design of a fluid-filled compartment shall be based on the nature of the fluid, the design temperature and, when applicable, on the design level as defined in this standard.

The design temperature of the fluid-filled compartment is generally the upper limit of ambient air temperature increased by the temperature rise of the fluid due to the flow of rated normal current. The design pressure of the compartment shall not be less than the upper limit of the pressure reached within the compartment at the design temperature and under the installation conditions as defined in Clause 2.

Fluid-filled compartments shall withstand:

- a) the full differential pressure possible across the compartment walls or partitions, including any evacuation process if used during filling or maintenance operations;
- b) the resulting pressure in the event of an accidental leak between the compartments in the case of adjacent compartments having different service pressures.

5.103.2.3 Tightness

The manufacturer shall state the pressure system used and the permissible leakage rate for the fluid-filled compartments (refer to 5.15 and 5.16 of IEC 62271-1:2007). This shall take into account the relative limits fixed in Table 13 of IEC 62271-1:2007 for temporarily increased leakage rates at temperatures other than 20 °C.

If requested by the user, in order to permit entry to a fluid-filled compartment of closed or controlled pressure systems, the permissible leakage across partitions should also be stated by the manufacturer.

For gas-filled compartments where the minimum functional level exceeds 100 kPa (relative pressure), an indication should be provided when the pressure at 20 °C has fallen below the minimum functional level (refer to 3.123).

A partition, separating a compartment filled with insulating gas from a neighbouring compartment filled with liquid shall not show any leakage affecting the dielectric properties of the two media.

5.103.2.4 Pressure relief of fluid-filled compartments

Where pressure-relief devices or designs are provided, they shall be arranged so as to minimize the danger to maintenance personnel and operators during the time that they are performing normal operating duties if gases or vapours are escaping under pressure. The pressure-relief devices shall not operate below 1,3 times the design pressure. The pressure-relief device may be a designed, for example, weak area of the compartment or a dedicated device, for example, a bursting disc.

5.103.3 Partitions and shutters

For the purpose of this standard, only class PI is defined for partitions and shutters between opened compartments and live parts of the main circuit, refer to 3.111.

Partitions and shutters shall provide at least the degree of protection IP2X according to IEC 62271-1:2007, Table 7.

Conductors passing through partitions shall be provided with bushings or other equivalent means to provide the required IP level.

Openings in the enclosure of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear and in the partitions of compartments through which contacts of removable or withdrawable parts engage fixed contacts shall be provided with automatic shutters operated in normal service operations to assure the protection of persons in any of the positions defined in 3.129 to 3.133. Means shall be provided to ensure the reliable operation of the shutters, for example, by a mechanical drive, where the movement of the shutters is positively driven by the movement of the removable or withdrawable part.

The status of shutters may not in all situations be readily confirmed from an open compartment, (for example, cable compartment open but shutters mounted in breaker compartment). In such situations, verification of the shutter status may require access to the second compartment or provision of a inspection window or reliable indicating device.

If, for maintenance or test purposes, there is a requirement that one or more sets of fixed contacts shall be accessible through opened shutters, the shutters shall be provided with means of locking each set independently in the closed position. When, for maintenance or test purposes, the automatic closing of shutters is made inoperative in order to retain them in the open position, it shall not be possible to return the switching device to the service position until the automatic operation of the shutters is restored. This restoration may be achieved by the action of returning the switching device to the service position.

It may be possible to use a temporary inserted partition to prevent the live set of fixed contacts being exposed (refer to 10.4).

Partitions and shutters shall meet the following requirements:

- a) the insulation between high-voltage live parts and the accessible surface of solid insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1:2007 for voltage tests to earth and between poles;
- b) the solid insulating material shall withstand the power-frequency test voltage specified in item a). The appropriate test methods given in IEC 60243-1 should be applied; refer to [4] of Bibliography;
- c) the insulation between high-voltage live parts and the inner surface of solid insulating partitions and shutters facing these shall withstand at least 150 % of U_T ;
- d) if a leakage current may reach the accessible side of the solid insulating partitions and shutters by a continuous path over insulating surfaces or by a path broken only by small gaps of gas or liquid, it shall be not greater than 0,5 mA under the specified test conditions (refer to 6.104.3).

If partitions or shutters become part of the enclosure, refer to 5.102.5.

5.104 Removable parts

Removable parts for ensuring the isolating distance (in removed position) between the high-voltage conductors shall comply with IEC 62271-102, except for mechanical operation tests (refer to 6.102 and 7.102). This disconnection facility is intended for maintenance purposes only.

If removable parts are intended to be used as a disconnecter or intended to be removed and replaced more often than only for maintenance purposes, then testing shall also include the mechanical operation tests according to IEC 62271-102.

The requirement that it shall be possible to know the operating position of the disconnecter or earthing switch is met if one of the following conditions is fulfilled:

- the isolating distance is visible;
- the position of the withdrawable part, in relation to the fixed part, is clearly visible and the positions corresponding to full connection and full isolation are clearly identified;
- the position of the withdrawable part is indicated by a reliable indicating device.

NOTE Refer to IEC 62271-102 and also to Annex CC.

Any removable part shall be so attached to the fixed part that its contacts will not open inadvertently due to forces which may occur in service, in particular those due to a short circuit.

In IAC classified switchgear and controlgear, the transfer of withdrawable parts to or from the service position shall not reduce the specified level of protection in the event of an internal arc. This is achieved, for example, when the operation is only possible when doors and covers intended to ensure personnel protection are closed. Other design measures providing equivalent level of protection are acceptable.

5.105 Provisions for dielectric tests on cables

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear may be designed to allow the testing of cables while they are connected to the switchgear and controlgear. This may be performed either from a dedicated test connection, or from the cable terminations. The switchgear and controlgear shall then be capable of withstanding the rated cable test voltage(s) as specified in 4.102 applied to those parts which remain connected to the cable, at the same time as the rated voltage is applied to those parts of the main circuit designed to remain live during testing cables.

6 Type tests

Clause 6 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with following modifications:

Components contained in solid-insulation enclosed switchgear and controlgear which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC 62271-1 shall comply with, and be tested in accordance with, those specifications, taking into account the following subclauses.

The type tests shall be made on a representative functional unit. Because of the variety of types, rating and possible combinations of components, it is not practicable to make type

tests with all arrangements of the switchgear and controlgear. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

A representative functional unit may take the form of one extensible unit, However, it may be necessary to bolt two or three of such units together.

The type tests and verifications comprise:

	Subclause
Mandatory type tests:	
a) Tests to verify the insulation level of the equipment	6.2
b) Test to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of circuits	6.5 and 6.4
c) Tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents	6.6
d) Tests to prove the making and breaking capacity of the included switching devices	6.101
e) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices and removable parts	6.102
f) Tests to verify the IP protection code	6.7.1
g) Tests to verify the protection of persons against electric shock	6.104
h) Tests to evaluate the insulation of the equipment by the measurement of partial discharges	6.2.9
i) Tests to verify auxiliary and control circuits	6.10
Mandatory type tests, where applicable:	
j) Tests to verify the protection of the equipment against mechanical impact	6.7.2
k) Tests to verify the strength of gas-filled compartments	6.103
l) Tightness tests of gas- or liquid-filled compartments	6.8
m) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault (for switchgear and controlgear classification IAC)	6.105
n) Electromagnetic compatibility tests (EMC)	6.9
o) X-radiation test procedures for vacuum interrupters	6.11
p) Dielectric tests on cable testing circuits	6.2.101
q) Tests to verify the thermal stability of solid insulating materials	6.106
r) Tests to assess the effects of condensation on solid insulating surfaces	6.107

Type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service. Therefore, specimens used for type test shall not be used in service without agreement between manufacturer and user.

6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following modification:

The mandatory type tests (not including items m), n), o), q) and r)) shall be carried out on a maximum of four test specimens.

6.1.2 Information for identification of specimens

Subclause 6.1.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

Subclause 6.1.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

For the report regarding internal arc tests, refer to 6.105.6.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable, unless otherwise stated in the subclauses below.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.2.2 Wet test procedure

Subclause 6.2.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

For solid-insulation enclosed switchgear and controlgear using fluid (liquid or gas) for insulation, dielectric tests shall be performed filled with the insulating fluid specified by the manufacturer, to the minimum functional level also specified by the manufacturer.

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following modification:

The second paragraph of item a) that refers to wet test is not applicable.

NOTE For fluid-filled compartments tested with test bushings that are not part of the switchgear and controlgear, impulses resulting in flashover across the test bushings are not considered as part of the test series.

6.2.5 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 6.2.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions. Subclause 6.2.5.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

Because of the great variety of designs, it is not feasible to give specific indications of the tests to be performed on the main circuit, but, in principle, the power frequency – and lightning impulse voltage tests shall cover the following:

a) To earth and between phases

The test voltages specified in 6.2.6 shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits shall be connected to the earthing conductor and to the earth terminal of the test supply.

The dielectric tests shall be made with all switching devices closed and all removable parts in their service position. Attention shall be given to the possibility that switching devices in their open position or removable parts in the disconnected, removed, test or earthing position, may result in less favourable field conditions. Under such conditions the

tests shall be repeated. However, the removable parts shall not be subjected to these voltage tests whilst they are in the disconnected, test or removed position.

For these tests, devices such as current transformers, cable terminations, overcurrent releases/indicators shall be installed as in normal service. For impulse voltage tests, the arrangements according to 6.2.6.2 are allowed. In case of doubt about the most unfavourable arrangement, tests shall be repeated with alternative configurations.

Earthed metal plates or foils shall be placed to simulate installation conditions with lowest clearances to e.g. floor and walls, as stated by the manufacturer.

In order to check compliance with the requirement of item a) of 5.102.3, the solid insulating enclosure as well as inspection windows, partitions and shutters of solid insulating material shall be covered, on the side(s) accessible during operation or maintenance, in the most unfavourable situation for the test, with a circular or square metal foil. This foil shall have an area as large as possible, but not exceeding 100 cm², which shall be connected to earth. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated in different situations. This foil shall be applied on the external surface of the enclosure without protruding into small gaps. For convenience of testing, subject to agreement between manufacturer and user, more than one metal foil may be applied simultaneously or larger parts of the enclosure may be covered.

NOTE If a subassembly is tested, it should include joints of solid insulation-embedded components if these are used.

b) Across the isolating distance

Each isolating distance of the main circuit shall be tested using the test voltages specified in 6.2.6 according to the test procedures as stated in subclause 6.2.5.2 of IEC 62271-1:2007.

The isolating distance may be formed by

- a disconnector in open position;
- the distance between the two parts of the main circuit intended to be connected by a withdrawable or removable switching device.

If there is no segregation between the fixed part and the withdrawable part when an isolating distance is established, the test voltages specified for the isolating distance shall be applied in the following way: the withdrawable part shall be in whichever of the disconnected or test positions that creates the shortest distance between the fixed and movable contacts. The switching device of the withdrawable part shall be in the closed position. When it is not possible to have the switching device in the closed position (e.g. by interlocking), then two tests shall be performed as follows:

- with the withdrawable part in the position with shortest distances between the fixed and movable contacts and the switching device of the withdrawable part open;
- with the withdrawable part in the other defined position and the switching device closed.

6.2.6 Tests of switchgear and controlgear of $U_r \leq 245$ kV

Subclause 6.2.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following modifications.

The tests shall be performed with the applicable test voltages given in Table 1a or 1b of 4.2 of IEC 62271-1:2007. For test voltages to earth and between phases columns (2) and (4) shall be used. For test voltages across isolating distances columns (3) and (5) shall be used.

6.2.6.1 Power-frequency voltage tests

Subclause 6.2.6.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following provisions:

Switchgear and controlgear shall be subjected to short-duration power-frequency voltage withstand tests in accordance with IEC 60060-1. The test voltage shall be raised for each test condition to the test value and maintained for 1 min.

The tests shall be performed in dry conditions.

Instrument transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protective devices may be disconnected or removed. A transformer, a coil, or a similar device normally connected between phases shall be disconnected from the pole stressed with test voltage.

During the power-frequency voltage tests, one terminal of the test transformer shall be connected to the earthing terminal and to the metal foil or conducting cloth at the applicable points on the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear. An exception is made for the situation where, during the tests in accordance with item b) of 6.2.5, the mid-point or another intermediate point of the voltage source should be connected to the earthing terminal in order that the voltage appearing between any of the live parts and the parts, intended to be earthed will not exceed the test voltage specified in item a) of 6.2.5.

If this is not practicable, one terminal of the test transformer may, with the agreement of the manufacturer, be connected to earth and the parts intended to be earthed of the switchgear and controlgear, shall, if necessary, be insulated from earth.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

Subclause 6.2.6.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

Instrument transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

Overvoltage protective devices shall be disconnected or removed. Current transformer secondary windings shall be short-circuited and earthed. Current transformers may have their primaries short-circuited too.

Procedure B of IEC 60060-1:2010 should be applied: Fifteen consecutive lightning impulses at the rated withstand voltage shall be applied for each test condition and each polarity. As an alternative, procedure C of IEC 60060-1:2010 may be applied. In this case the test consists of three consecutive impulses for each test condition and each polarity. This test procedure is referred to as the 3/9 method. The 3/9 method is accepted only when all three phases are tested.

It may be necessary for certain types of solid insulating material to eliminate residual charges before starting the tests with the opposite polarity.

During the lightning impulse voltage tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the earthing terminal and to the metal foil or conducting cloth at the applicable points on the enclosure of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, except that, during the tests in accordance with item b) of 6.2.5, the parts intended to be earthed shall, if necessary, be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and the parts, intended to be earthed will not exceed the test voltage specified in item a) of 6.2.5.

6.2.7 Tests of switchgear and controlgear of $U_r > 245$ kV

Subclause 6.2.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 6.2.8 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

The tests shall be according to Annex BB.

This test shall be made after the lightning impulse and power-frequency voltage tests. Instrument transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

NOTE In the case of designs consisting of a combination of conventional components (for instance, instrument transformers, bushings) that can be tested separately in accordance with their relevant standards, the purpose of this partial discharge test is to check the arrangement of the components in the assembly.

This test may be carried out on assemblies or subassemblies. Care should be taken that external partial discharges do not affect the measurement.

Additional subclause:

6.2.9.101 Maximum permissible partial discharge intensity

The maximum permissible partial discharge intensity shall not exceed 20 pC for each functional unit, at $1,1 U_r$ phase-to-phase voltage, see Table BB.1.

NOTE For systems with no solidly earthed neutral, no maximum partial discharge intensity is prescribed in case of earth fault; for information only, 100 pC at $1,1 \times U_r$ phase-to-earth voltage seems to be an acceptable limit.

As a general rule, the intensity permitted for an assembly or subassembly should be the highest value permitted for its components.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Current transformer secondary windings may be short-circuited and disconnected from earth. Voltage transformer secondary windings may be disconnected.

Voltage-limiting devices in the low-voltage circuit, if any, shall be disconnected.

Functions like voltage indication or detection (e.g. VPIS, VIS and VDS) which are tested according to their relevant standards are excluded.

6.2.11 Voltage test as condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclause:

6.2.101 Dielectric tests on cable testing circuits

This type test applies only to switchgear and controlgear having one or more rated cable test voltage(s).

For each rated cable test voltage value, the following test voltages shall be applied:

- a) U_r shall be applied as a single phase voltage between earth and all phase conductors on the busbar side connected together;
- b) the rated cable test voltage U_{ct} (a.c.) or U_{ct} (d.c.) shall be applied to each pole in turn of the cable test connection. The other cable test connections shall be connected to earth.

Test voltages shall be applied simultaneously.

For a.c. cable test voltages U_{ct} (a.c.) the duration of the test shall be 1 min. For d.c. cable test voltages U_{ct} (d.c.) the duration of the test shall be 15 min.

For a.c. test voltages of same frequency, the polarity of the two test voltages shall be opposite.

6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

6.4.1 Main circuit

Subclause 6.4.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The measured resistance across the complete main circuit of an assembly of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is indicative of the proper condition of the current path. This measured resistance shall be the reference for the routine test (refer to 7.3).

6.4.2 Auxiliary circuits

Subclause 6.4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclause:

6.4.101 Requirement for protection category PB2

If the requirement of item g) of 5.102.3 is applicable, the resistance of the earthed conductive layer shall be maximum 100 m Ω to the earthing terminal of the switchgear and controlgear. This is demonstrated by feeding at the most onerous points 30 A d.c. to the conductive layer. The corresponding voltage drop from a point on the layer nearby the point of infeed shall be a maximum of 3 V.

It might be necessary to feed the current on the conductive layer through a larger area of, for example, 1 cm², to avoid a too high density on the spot.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

Where the design provides alternative components or arrangements, the test shall be performed with those components or arrangements for which the most severe conditions are obtained. The representative functional unit shall be mounted approximately as in normal service, including all normal enclosures, partitions, shutters, etc., and the covers and doors closed.

The tests shall be made normally with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the length of busbars to the terminals provided for the connection of cables.

When testing individual functional units, the neighbouring units should carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated conditions. It is admissible to simulate equivalent conditions by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be performed under actual conditions.

Where there are other main functional components installed within the enclosure they shall carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated conditions. Equivalent procedures to generate the same power dissipation are acceptable.

The temperature rises of the different components shall be referred to the ambient air temperature outside the enclosure and shall not exceed the values specified for them in the relevant standards. If the ambient air temperature is not constant, the surface temperature of an identical enclosure under the same ambient conditions may be taken as reference.

6.5.1 Conditions of the switchgear and controlgear to be tested

Subclause 6.5.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.5.2 Arrangement of the equipment

Subclause 6.5.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following change:

When the connection is realised in a compartment, the temperature of the temporary connections shall be measured at the point where they leave the enclosure and at a distance of 1 m externally. The temperature difference shall not exceed 5K.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Subclause 6.5.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.5.4 Ambient air temperature

Subclause 6.5.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.5.5 Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment

Subclause 6.5.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

Subclause 6.5.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

a) Test on main circuits

Main circuits of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their capability to withstand the rated short-time and peak withstand current under the intended conditions of installation and use, i.e. they shall be tested as installed in the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear with all associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

Connections to auxiliary devices (such as voltage transformers, auxiliary transformers, surge arresters, surge capacitors, voltage detection devices, and similar items) are not considered as parts of the main circuit.

The short-time withstand current and peak withstand current tests shall be carried out according to the rated number of phases. Current transformers and tripping devices that may be present shall be installed as in normal service, but with the release made inoperative.

Equipment which does not include any current-limiting device may be tested at any convenient voltage. Equipment which incorporates a current-limiting device shall be tested at U_r . Other test voltages can be used, if it can be demonstrated that both the applied peak current and resulting thermal effects are equal or higher than those with U_r .

For equipment including current-limiting devices the prospective current (peak, r.m.s. value and duration) shall not be less than the rated value.

Self-tripping circuit-breakers, if any, shall be set on their maximum tripping values.

Current-limiting fuses, if any, shall be provided with fuse-links having the maximum rated current specified.

After the test, no deformation or damage to components or conductors within the enclosure, which may impair good operation of the main circuits, shall have been sustained. The insulating properties of the solid insulating enclosure shall in particular be unimpaired. It may be possible to detect the presence of cracks in the insulation of solid-insulation embedded components by performing a partial discharge test (refer to 6.2.9).

b) Tests on earthing circuits

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated short-time and peak withstand currents (I_k and I_{ke} , as applicable). They shall be tested as installed in the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear with all associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

The short-time withstand current and peak withstand current tests with earthing devices shall be carried out according to the rated number of phases. Single-phase tests shall be performed on all the circuits that are intended to provide the connection between the earthing device and earthing point provided.

When there are removable earthing devices, the earthing connection between the fixed part and the removable part shall be tested under earth fault conditions. The earth fault current shall flow between the earthing conductor of the fixed part and the earthing point of the removable part. Where the earthing device in the switchgear or controlgear can be operated in alternative positions to the normal service position, for example, in double busbar switchgear and controlgear, a test shall be made in alternative positions.

After the test some deformation and degradation of the earthing conductor, earthing connections or earthing devices is permissible, but the continuity of the circuit shall be preserved.

Visual inspection should be sufficient to check that continuity of the circuit has been preserved.

In case of doubt, if certain earth connections are (still) adequate, the earthing shall be verified testing with 30 A (d.c.) to the earthing point provided. The voltage drop shall be lower than 3 V.

6.6.1 Arrangement of the switchgear and controlgear and of the test circuit

Subclause 6.6.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

The equipment to be tested shall be arranged in such a way that the most onerous conditions are obtained concerning the maximum lengths of unsupported busbar(s), configuration of the conductors and connections within the equipment. In the case of switchgear and controlgear incorporating the same switching device in multiple high-voltage compartments, either side-by-side or in multi-tier designs, the tests shall be made with the most onerous location of the switching device.

The test connections to the terminals of the switchgear and controlgear shall be arranged in such a way as to avoid unrealistic stressing of, or support to, the terminals. The distance between the terminals and the nearest supports of the test conductors on both sides of the switchgear and controlgear shall be in accordance with the instructions of the manufacturer but taking into account the requirement above.

The switching devices shall be in the closed position and fitted with clean contacts in a new condition.

Each test shall be preceded by a no-load operation of the mechanical switching device and, with the exception of earthing switches, by measurement of the resistance of the main circuit.

The test arrangement shall be noted in the test report.

6.6.2 Test current and duration

Subclause 6.6.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

Subclause 6.6.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.6.4 Condition of switchgear and controlgear after test

Subclause 6.6.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.7 Verification of the protection

6.7.1 Verification of the IP coding

Subclause 6.7.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

For solid-insulation enclosed switchgear and controlgear the service conditions are with all doors and covers closed, no matter how they are expected to be locked or not.

6.7.2 Verification of the IK coding

Subclause 6.7.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Stationary emission tests should be performed on a typical lay out of the switchgear and controlgear, based on the standard wiring rules of the manufacturer.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

6.10.1 General

Subclause 6.10.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.2 Functional tests

Subclause 6.10.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable:

A functional test of all low-voltage circuits shall be made to verify the proper functioning of auxiliary and control circuits in conjunction with the other parts of the switchgear and controlgear.

The tests shall be performed with the upper and lower value limits of the supply voltage defined in 4.8.

For low-voltage circuits, sub-assemblies and components, functional tests can be omitted if they have been fully performed during a test applied to similar switchgear and controlgear.

6.10.3 Electrical continuity of earthed metallic parts test

Subclause 6.10.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.4 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

Subclause 6.10.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.10.5 Environmental tests

Subclause 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following limitations:

- tests do not apply for indoor switchgear and controlgear operated under normal service conditions as defined by Clause 2 of IEC 62271-1:2007;
- when the tests as stated in 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 have been performed on the separate components of a representative auxiliary and control circuit, no further environmental tests are needed;
- when tests are performed, 6.10.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable on a typical lay out of the auxiliary and control circuits.

6.10.6 Dielectric test

Subclause 6.10.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.11 X-radiation test procedures for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

NOTE This test is applied to the vacuum interrupter not to a functional unit.

Additional subclauses:

6.101 Verification of making and breaking capacities

6.101.1 General

Switching devices forming part of the main circuit and earthing switches of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated making and breaking capacities according to the relevant standards and under the proper conditions of installation and use. That is, they shall be tested as normally installed in the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear with all associated components, the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, provisions for venting, etc. These tests are not necessary if making and breaking tests have been performed on the switching devices installed in solid-insulation enclosed switchgear and controlgear with more onerous conditions.

In determining which associated components are likely to influence the performance, special attention should be given to mechanical forces due to the short circuit, the venting of arc products, the possibility of disruptive discharges, etc. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

As it is not possible to cover all possible configurations and designs of switching devices, the following procedures shall be followed:

- a) if the appropriate making and breaking current test series have been made with the switching device in a representative compartment, then the tests referred to above are also valid for compartments with similar or less onerous conditions;
- b) if type tested switching devices, tested with or without an enclosure, are used and a) is not applicable, the test duties set out in 6.101.2 and 6.101.3 below shall be repeated in each of the compartments;
- c) where compartments are designed to accept more than one particular type or design of switching device, each variant of switching device shall be fully tested in accordance with the requirements of item a) or, where appropriate item b) above.

Where multiple high-voltage compartments, either side-by-side or multi-tier designs, are not identical but are designed to accept the same switching device, the above stated tests/test-duties shall be performed in the compartment in which the most severe conditions are obtained, as appropriate to the requirements of the relevant standard.

6.101.2 Test requirements for main switching devices

The following test duties shall be performed as appropriate for the switching device.

IEC 62271-100: Test duty T100s, T100a, and critical current tests (if any) also taking into account the requirements of 6.103.4 of IEC 62271-100:2008 or the test connection arrangement, where applicable.

IEC 62271-103: Ten CO operations with rated mainly active load-breaking current (Test duty TD_{load}). Test duty TD_{ma} according to class E1, E2 or E3, as applicable, unless the switch does not have a rated short-circuit making capacity.

IEC 62271-105: Test duties TD_{Isc} and the highest value of $TD_{Itransfer}$ and TD_{Ito} .

IEC 62271-106: Verification of coordination with SCPDs to 6.106 of IEC 62271-106:2011.

6.101.3 Test requirements for earthing function

The earthing function shall be tested in accordance with the requirements of IEC 62271-102 for short-circuit making operations. The tests shall be performed in accordance with the requirements for earthing switches of class E1 or class E2, as applicable.

Where the earthing function is performed by the main switching device in combination with a class E0 earthing switch, class E1 or E2 for the earthing function may be assigned as defined in IEC 62271-102. For this arrangement the test sequence shall then be:

- for Class E1: 2C;
- for Class E2: $2C - x - 2C - y - 1C$, where x and y represent arbitrary switching or no-load operations, and 2C represents two C operations with one no-load opening operation in between, i.e. C – O (no-load) – C.

The requirements of subclauses 6.101.8 and 6.101.9 of IEC 62271-102:2001, Amendment 1:2011 and Amendment 2:2013, shall apply to both the class E0 earthing switch and the main switching device.

NOTE The classification for the earthing function is not applicable when the earthing is always performed by a circuit-breaker with the protection operative until the earthed situation is attained.

6.102 Mechanical operation tests

6.102.1 Switching devices and removable parts

Switching devices shall be tested in accordance with their own product standard, unless they have already been tested. If a removable part is intended to be used as a disconnecter, then the mechanical endurance shall be in accordance with IEC 62271-102.

In addition all switching devices shall be operated 50 times C-O when installed in the solid-insulation enclosed switchgear.

Removable parts shall be inserted 25 times and removed 25 times to verify satisfactory operation of the equipment. The force required to insert and remove the parts shall be less than 150 % of that required for the first operation.

For functional units including several switching devices the operations may be performed as part of a sequence of operations involving all these switching devices. If the insertion / removal of a removable part is involved in the sequence, the number of such sequences shall be reduced to 25. Any operations not included in this sequence shall be separately tested.

In the case of manually operated equipment, the normal manual operation handle shall be used to perform the tests.

6.102.2 Interlocks

The interlocks shall be set in all positions intended to prevent the operation of the switching devices, the access to operation interfaces, and the insertion or withdrawal of removable parts. The following tests shall be made in order to attempt to defeat the interlocks:

- 25 attempts to open any interlocked door or cover;
- 50 attempts to access or engage the operation interface, when access or engagement is prevented due to an interlocking device (shutter, selector lever, etc.);
- 50 attempts to operate the switching devices manually, when the operation interface is accessible;
- 10 attempts to operate the switching device manually in the wrong direction shall be carried out in addition to, but anywhere in, the above sequence of 50 attempts;
- 25 attempts to insert and 25 attempts to withdraw the removable parts.

The normal manual operation handle shall be used to perform these tests. During the tests double the normal forces shall be employed, except that in the case of an interlock blocking the operating shaft, a prospective force of 750 N shall be applied halfway along the length of the gripping part of the operating handle. Where operating handles incorporate a feature which limits the operating force the maximum test force shall be limited to that which can be applied by the handle, provided that the handle is not interchangeable with other handles.

No adjustment shall be made to the switching devices, removable parts or interlocks during these tests.

The integrity of sliders or other devices preventing access to the operation interface shall be verified in accordance with 6.7.2 (verification of the IK coding).

Where only mechanical interlocks are designed to prevent the operation of motorised switching devices, the following additional tests shall be performed using the motor:

- 50 attempts to operate the switching devices;
- 10 attempts to operate the switching device in the wrong direction shall be carried out in addition to, but anywhere in, the above sequence of 50 attempts.

110 % of the rated supply voltage of auxiliary circuits shall be applied for a duration of 2 s.

The interlocks are considered satisfactory, if

- a) the switching devices cannot be operated;
- b) access to the interlocked compartments is prevented (verification by IP2X as a minimum; Refer to 6.7.1);
- c) the insertion and withdrawal of the removable parts are prevented;
- d) the switching devices, removable parts and the interlocks are still operative and the effort to operate them before and after the tests, does not differ from the maximum hand operating forces (manual operation) or peak energy consumption (motor operation) by more than 50 %. In case of the test with 750 N, damage is acceptable, provided that the interlock still prevents operation.

NOTE These tests can be performed as part of the mechanical operations test sequence.

6.103 Pressure withstand test for gas-filled compartments

6.103.1 Pressure withstand test for gas-filled compartments with pressure relief devices

Each design of gas filled compartment shall be subjected to a pressure test according to the following procedure:

- the relative pressure shall be increased in order to reach a value of 1,3 times the design pressure of the compartment for a period of 1 min. The pressure relief device shall not operate;
- then the pressure shall be increased up to a maximum value of 3 times the design pressure. It is acceptable that the pressure relief device may operate, as designed by the manufacturer, below this value. This opening pressure shall be recorded in the type test report. After the test, the compartment may be distorted, but the compartment shall not rupture.

During the tests, the adjacent compartments shall be at atmospheric pressure.

NOTE These tests are intended to demonstrate the over-pressure behaviour under service conditions. Care is taken of the pressure difference when evacuating adjacent compartments.

6.103.2 Pressure withstand test for gas-filled compartments without pressure relief devices

Each design of a gas-filled compartment shall be subjected to a pressure test according to the following procedure.

- the relative pressure shall be increased up to 3 times the design pressure of the compartment for 1 min. After the test, the compartment may be distorted, but the compartment shall not rupture.

During the tests, the adjacent compartments shall be at atmospheric pressure.

NOTE This test is intended to demonstrate the over-pressure behaviour under service conditions. Care is taken of the pressure difference when evacuating adjacent compartments.

6.104 Tests to prove the protection of persons against electric shock

6.104.1 General

This subclause applies to the solid insulating enclosure and to partitions (and shutters) intended for protection from live parts. When these partitions contain bushings, tests shall be carried out under the appropriate conditions, i.e. with the primary parts of the bushings disconnected and earthed.

The solid insulating enclosure, partitions and shutters, as well as solid-insulation embedded high-voltage parts that are intended to remain live when accessing the high-voltage compartment, shall be tested.

6.104.2 Dielectric tests

- a) The insulation between live parts of the main circuit and the accessible surface of the solid insulating enclosure and solid insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1:2007 for voltage tests to earth and between poles. For the test set up, refer to item a) of 6.2.5.
- b) A representative sample of the solid insulating material shall withstand the power-frequency test voltage specified in item a). The appropriate test methods given in IEC 60243-1 should be applied; refer to [4] of Bibliography.

In the case of high-voltage parts embedded in solid insulating material it is not necessary to perform this test.

- c) The insulation between live parts of the main circuit and the inner surface of solid insulating partitions and/or shutters (if any) facing these shall be tested at 150 % of U_r for 1 min. For the test, the inner surface of the partition or shutter shall be earthed by applying a conductive layer (e.g. an earthed metal foil) of at least 100 cm², at the most onerous point.
- d) Complementary tests (for protection category PB1 only).

If the requirements of items e) or f) of 5.102.3 are applicable, evidence shall be given of the required ability to withstand a power-frequency test-voltage of 150 % of U_r for 1 min.

In the case of a second solid insulating layer, this layer shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150 % of U_r for 1 min. Refer to item c). It is allowed to test this layer separately in its intended shape.

In the case of fluid insulation, this fluid insulation shall be replaced by ambient air. Then test c) above shall be repeated with the conductive layer of at least 100 cm², at the applicable points.

6.104.3 Measurements of leakage currents

For enclosures, partitions, shutters or solid-insulation embedded high-voltage parts intended to remain live when exposed in an accessed compartment, the following tests shall be made in order to check compliance with the requirements in item d) of 5.102.3

The main circuit shall, at the discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to U_r , with one phase connected to earth, or to a single-phase supply of U_r , the live parts of the main circuit being connected together. For three-phase tests, three measurements shall be made with the different phases of the supply successively connected to earth. In the case of single-phase tests, only one measurement is necessary.

A metal foil shall be placed in the most unfavourable situation for the test on the accessible surface of the solid insulation providing the protection against contact with live parts. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated with different situations.

The metal foil shall be approximately circular or square, having an area as large as possible but not exceeding 100 cm² and shall be connected to the earthing conductor with no deliberately added impedance. The leakage current flowing through the metal foil to earth shall be measured with the insulation dry and clean.

The value of the leakage current measured shall not exceed 0,5 mA. If, as indicated in item d) of 5.102.3, the continuous path over solid insulating surfaces is broken by small gaps of gas or liquid, such gaps shall be shorted out electrically. If these gaps are incorporated to avoid the passage of the leakage current from live parts to accessible parts of solid insulating partitions and shutters, the gaps shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1:2007 for voltage tests to earth and between poles.

The leakage current shall also be measured in conditions representing condensation and light pollution where applicable, refer to 6.107.

6.105 Internal arcing test

6.105.1 General

The test is applicable to solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, intended to be qualified as IAC classified covering the event of an arc fault within the enclosure or within components having housings which form part of the enclosure in normal operation conditions. The internal arc test makes allowance for effects acting on all parts of the enclosure, such as internal overpressure, thermal effects of the arc or its roots, the effects of ejected hot gases and glowing particles.

The tests are not intended to cover e.g.:

- the influences of an internal arc between compartments, nor the damage to internal partition and shutters not being accessible in normal operating conditions;
- external connections outside the enclosure;
- the effects caused by an explosion of high-voltage components;
- the presence of gases with potential toxic characteristics, or the hazard of fire propagation to combustible materials or equipment placed in the proximity of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear;
- the change of state of shutters while withdrawable or removable parts are moving.

NOTE The applicable requirements are identical to the ones stated in IEC 62271-200.

6.105.2 Test conditions

The test shall be carried out with the switchgear and controlgear in normal operating conditions. This means the position of high-voltage switching devices, connecting and disconnecting withdrawable parts is set to realise the supply circuit according to AA.5.1. All other equipment, for example measuring instruments and monitoring equipment shall be in the position as it is in normal service. If any cover has to be removed and/or any door has to be opened to perform switching operations, the internal arc test shall be carried out with the cover and/or door removed.

Removing or replacing components (for example high-voltage fuses or any other removable component) is not considered to be normal operation, neither to carry out maintenance work.

The test shall be performed in every high-voltage compartment of representative functional units (refer to 6.105.3).

Compartments which are protected by type-tested current-limiting fuses shall be tested with the fuse type that causes the highest cut-off current (let-through current). The actual duration of the current flow will be controlled by the fuses. The tested compartment will be designated as 'fuse-protected'. The tests shall be performed at the rated maximum voltage of the equipment.

Application of suitable current limiting fuses in combination with switching devices can limit the short-circuit current and minimize the fault duration. It is well documented that the arc energy transferred during such tests is not predictable by I^2t . In the case of current limiting fuses, the maximum arc energy can occur at current levels below the maximum interrupting rating. Further, the effects of using current-limiting devices that employ pyrotechnic means to commutate current to a current limiting fuse must be considered when evaluating designs utilizing such devices.

Any device (for example protection relay) that may automatically trip the circuit before the end of the prospective duration of the test shall be made inoperative during the test. If compartments or functional units are equipped with devices intended to limit the duration of the arc itself by other means (for example, by transferring the current to a metallic short circuit), they shall be made inoperative during the test. If these devices are integral part of the design of the compartment or assembly which prevents to make them inoperative without modification of the construction, the relevant compartment of the switchgear and controlgear may be tested with the device operative; but this compartment shall be qualified according to the actual duration of the arc. The test current shall be maintained for the rated short-circuit duration of the main circuit.

Because in general arc limiting devices are out of the scope of this standard and if the switchgear and controlgear has previously been tested with the limiting device made inoperative, an additional test may be performed to demonstrate the behaviour of this arc limiting device.

6.105.3 Arrangement of the equipment

The equipment shall be arranged as follows:

- The test specimen shall be fully equipped. Mock-ups of internal components are permitted provided they have the same volume and external material as the original items and they do not affect the main and earthing circuits;
- Each high-voltage compartment of a functional unit shall be tested. In case of switchgear and controlgear consisting of extensible (modular) stand-alone units, the test specimen in general shall consist of two units connected together as in service, unless the manufacturer specifies a minimum number of functional units. Testing shall be made at least in all compartments of the functional unit of the switchgear and controlgear farthest away from the wall of the room simulation. If units are tested, which are not intended to be used as an end unit under service conditions, they shall be placed as close as possible to the classified lateral side of the assembly in an arrangement of more than two units.

NOTE 1 A stand-alone unit is an assembly that may contain within a single common enclosure one or more functional units in horizontal or vertical arrangement (multi-tier design).

- The test specimen shall be earthed at the earthing point provided;
- Tests shall be carried out on compartments not previously subjected to arcing, or, if subjected, being in a condition which does not affect the result of the test;
- In the case of fluid-filled compartments (other than SF₆) the test shall be made with the original fluid at its rated filling pressure ($\pm 10\%$);
- For environmental reasons, it is recommended to replace SF₆ with air at the rated filling pressure ($\pm 10\%$).

NOTE 2 Test results with air instead of SF₆ are considered to be representative.

6.105.4 Test procedure

The method to verify the internal arc classification is defined in AA.5.

6.105.5 Criteria to pass the test

IAC classification is demonstrated for the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear (according to the relevant accessibility type) if the following criteria are met:

Criterion No. 1

Correctly secured doors and covers do not open. Deformations are accepted, provided that no part comes as far as the position of the indicators or the walls (whichever is the closest) on every side. The switchgear and controlgear do not need to comply with its IP code after the test.

To extend the acceptance criterion to an installation mounted closer to the wall than tested, two additional conditions shall be met:

- the permanent deformation is less than the intended distance to the wall;
- exhausting gases are not directed to the wall.

Criterion No. 2

- No fragmentation of the enclosure occurs;
- No ejection of fragments or of other parts of the switchgear of an individual mass of 60 g or more occur;
- Objects of an individual mass of 60 g or more falling to the floor in the immediate vicinity of the switchgear are accepted (in the case of accessible sides, this means between the switchgear and the indicator rack).

Criterion No. 3

Arcing does not cause holes by burning through in the classified sides up to a height of 2 000 mm.

NOTE Holes in the enclosure which are created after the duration of test by other effects than burning through, are disregarded.

Criterion No. 4

Indicators do not ignite due to the effect of hot gases or burning liquids.

If indicators have been ignited, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that the ignition was caused by glowing particles rather than hot gases. Pictures taken by high-speed cameras, video or any other suitable means can be used by the test laboratory to establish evidence.

Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are also excluded.

Criterion No. 5

The continuity of the earthing connection shall be checked (refer to 6.6, point b)).

6.105.6 Test report

In addition to 6.1.3 the following applies:

- description of the test unit with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure relief flaps and the method of fixing the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear to the floor and/or to the walls;
- the distance between the upper part of the switchgear and controlgear and the ceiling of the room / building. For this purpose the manufacturer shall state the point of the switchgear and controlgear from which this distance is measured. Because the distance between the upper part of the switchgear and controlgear and the ceiling under internal arc conditions may be different from the distance under normal operating conditions, the test report should give an information about the validity of the test results regarding the ceiling height for installation. The ceiling height is always stated from the floor or false floor level where the switchgear is actually placed. This is also the level where the indicator racks are placed during the IAC test, refer to Figure AA.5.
- point and method of initiation of the internal arc fault;
- drawings of test arrangement (room simulation, test specimen and mounting frame of indicators) with respect to the type of accessibility (A), classified sides (F, L or R) and installation conditions;
- applied voltage and frequency;
- for the prospective or test current:
 - a) r.m.s. value of the a.c. component during the first three half-cycles;
 - b) highest peak value;
 - c) average value of the a.c. component over the actual duration of the test;
 - d) test duration;
- oscillogram(s) showing currents and voltages;
- assessment of the test results, including a record of the observations in accordance with 6.105.5;
- other relevant remarks.

6.105.7 Transferability of test results

The validity of the results of a test carried out in a functional unit of a particular solid-insulation enclosed design of switchgear and controlgear can be extended to another one (refer to 6.1), provided that the original test was more onerous and the latter can be considered as similar to the tested one in the following aspects:

- dimensions;
- structure and strength of the enclosure;
- architecture of the partition;
- performance of the pressure relief device, if any;
- insulation system;
- physical influences (pressure rise, gas flow and thermal effects).

6.106 Thermal stability test

Where the major part of the insulation between conductive parts consists of solid insulation, the manufacturer shall provide evidence that the stability of the solid insulating materials used will not be impaired by dielectric stresses and thermal influences.

This evidence can be given on the basis of tests on comparable configurations, on the basis of the properties of the solid insulating materials (dielectric losses as a function of temperature) or by carrying out a thermal stability test on the whole equipment or a representative part of it.

This test is not necessary if gas or liquids form the major part of the insulation.

The thermal stability test consists of a 100 h test with a power-frequency voltage of 180 % of U_r at the temperature reached during a temperature-rise test according to 6.5 when the ambient air temperature is 40 °C.

The main circuit shall be energized by an earthed supply, using a three-phase supply with an earthed-neutral for three-phase switchgear. The earthing conductor and any metal parts intended to be earthed shall be connected to earth.

The test may be carried out separately from the temperature-rise test at the highest temperature rise measured during the temperature-rise test, increased by 40 °C.

If no disruptive discharge occurs, the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test.

6.107 Humidity test

The humidity test shall be made if the enclosure is not completely covered by a conductive layer, connected to earth and having a resistance less than 96 k Ω , when measured from any point on the enclosure to the earthing point provided

NOTE The value of 96 k Ω is chosen in order to keep the maximum touch voltage below 48 V.

The test shall be performed according to Annex DD.

7 Routine tests

Clause 7 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

The routine test shall be carried out on each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's factory to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type test has been carried out.

Refer to Clause 7 of IEC 62271-1:2007 with the addition of the following routine tests:

- partial discharge measurement:..... 7.101
- mechanical operation tests:..... 7.102
- pressure tests of gas-filled compartments (if applicable): 7.103
- tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices (if applicable):..... 7.104
- tests after erection on site: 7.105
- measurement of fluid conditions after filling on site: 7.106

It may be necessary to verify the interchangeability of components of the same rating and construction (refer to Clause 5).

7.1 Dielectric test on the main circuit

Subclause 7.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition and exception:

The power-frequency voltage test shall be performed according to the requirements in 6.2.6.1. The test voltage specified in Tables 1a and 1b, column 2, of IEC 62271-1:2007 shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply, with the other phase conductors connected to earth, and the continuity of the main circuit assured (for example, by closing the switching devices or otherwise).

In order to check compliance with the requirement of item a) of 5.102.3 the solid insulating enclosure shall be surrounded by earthed metal plates or equivalent. These plates shall have clearances equal to or less than specified for service conditions to walls, ceiling and floor. For accessible sides, the earthed metal plates shall be put in direct contact with the enclosure. Refer to 6.2.5.

The test voltage may be applied at higher than the rated frequency in order to avoid the disconnection of voltage transformers.

For gas-filled compartments of sealed pressure systems, the tests shall be performed at the rated filling pressure (or density) of the insulating gas (refer to 4.11). For closed- or controlled pressure systems, the tests shall be performed at the minimum functional pressure (or density) of the insulating gas.

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 7.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following modifications:

This test is subject to agreement between manufacturer and user.

Where there is no temperature rise test for the configuration being tested, the conditions of the test and the limits of resistance values should also be subject to agreement between manufacturer and user.

7.4 Tightness test

Subclause 7.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Additional subclauses:

7.101 Partial discharge test

The measurement of partial discharges shall be performed to detect possible material and manufacturing defects.

Partial discharge tests shall be according to Annex BB with test criteria as stated in 6.2.9.101.

At least the power frequency tests according 6.2.6.1 shall have passed before the partial discharge validation test can be performed.

7.102 Mechanical operation tests

Operation tests are made to ensure that the switching devices and removable parts comply with the prescribed operating conditions and that the mechanical interlocks work properly.

The tests shall be performed as specified in 6.102 except that:

- normal operating forces shall be used;
- 5 operations or attempts shall be performed in each direction.

These tests shall be performed without voltage on or current in the main circuits. It shall be verified that:

- the switching devices open and close correctly within the specified limits of the supply voltage and pressure of their operating devices;
- each removable part can be inserted and removed correctly;
- all interlocks function correctly.

7.103 Pressure tests of gas-filled compartments

Pressure tests shall be made on all gas-filled compartments after manufacture. Each compartment shall be subjected to a test at 1,3 times the design pressure for 1 min.

This does not apply for sealed compartments with a rated filling pressure of 50 kPa (relative pressure) and below.

After this test the compartments shall show no signs of distress or any distortion likely to affect the operation of the switchgear and controlgear.

7.104 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices

The electrical, pneumatic and other interlocks together with control devices having a predetermined sequence of operation shall be tested five times in succession in the intended conditions of use and operation and with the most unfavourable limit values of auxiliary supply. During the test no adjustment shall be made.

The tests are considered to be satisfactory if the auxiliary devices have operated properly, if they are in good operating condition after the tests and if the effort to operate them is practically the same before and after the tests.

7.105 Tests after erection on site

After erection, solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be tested to check correct operation.

For parts which are assembled on site and for gas-filled compartments which are filled on site, the following tests should be carried out:

a) Voltage test of the main circuit:

When agreed between manufacturer and user, power-frequency voltage tests in dry conditions may be carried out on the main circuits of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear after the erection on site in exactly the same manner as specified in 7.1 for the routine test at the manufacturer's premises.

The power-frequency test voltage shall be 80 % of the values indicated in 7.1 and shall be applied to each phase conductor of the main circuit in succession with the other phase conductors earthed. For the tests, one terminal of the test transformer shall be connected to the earthing system of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear.

If the voltage test after erection on site replaces the routine test at the manufacturer's premises, the full power-frequency test voltage shall be applied.

Voltage transformers should be disconnected during dielectric site tests, unless the test frequency used for site test is high enough to prevent core saturation.

Overvoltage limiting devices shall be disconnected.

b) Tightness tests: 7.4 is applicable.

c) Measurement of fluid condition after filling on site: 7.106 is applicable.

7.106 Measurement of fluid condition after filling on site

The condition of the fluid in fluid-filled compartments shall be determined and shall meet the manufacturer's specification.

8 Guide to the selection of switchgear and controlgear

Clause 8 of IEC 62271-1:2007 is applicable with following additions:

Additional subclauses:

8.101 General

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear has either

- protection category PB throughout for generally accessible installations (operating areas),
or
- partly protection category PA and partly protection category PB for installations accessible to skilled operators only (closed electrical operating areas).

NOTE 1 The application of category PA and PB is explained in 5.102.2.

NOTE 2 For the definitions of "operating area" and "closed electrical operating area" refer to IEC 61936-1 in [8] of the bibliography.

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear may be constructed in various forms that have evolved with changing technologies and functional requirements. The selection of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear essentially involves an identification of the

functional requirements for the service installation and the form of internal partitioning that best meets these requirements.

Such requirements should take account of applicable legislation and user safety rules.

Table 104 provides a summary of the considerations for specifying switchgear and controlgear.

8.102 Selection of rated values

For a given duty in service, solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is selected by considering the individual rated values of their components required by normal load and fault conditions. The rated values of an assembly of switchgear and controlgear may differ from those of its component parts.

The rated values should be chosen in accordance with this standard having regard for the characteristics of the system as well as its anticipated future development. A list of ratings is given in Clause 4.

Other parameters such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m should also be considered.

The duty imposed by fault conditions should be determined by calculating the fault currents at the place where the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is to be located in the system. Reference is made to IEC 60909-0 in this regard; refer to [7] of Bibliography.

8.103 Selection of design and construction

8.103.1 General

Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is normally identified by insulating technology (for example, solid insulating material, air- or gas-insulated) and by fixed or withdrawable design. The extent to which individual components should be withdrawable, or removable, is primarily dependent upon the requirement (if any) for maintenance and/or the provisions for testing.

Development of switching devices with low maintenance requirement has reduced the need for frequent attention to some items subject to arc erosion. However, there remains a need for accessibility to expendable items, for example, fuses and for occasional inspection and testing of cables. Lubrication and adjustment of mechanical parts may also be required, for which reason some designs may make mechanical parts accessible outside the high-voltage compartments.

The extent to which access may be required for maintenance, and/or whether complete switchgear and controlgear shutdowns can be tolerated, may determine a user preference for solid insulating material, air or fluid insulation and fixed or withdrawable pattern. If maintenance demands are infrequent, as is often preferred practice nowadays, then assemblies equipped with low maintenance components, may provide a practical solution. Fixed pattern assemblies, particularly those employing low maintenance components may provide a cost-effective through-life arrangement.

In the case where a main circuit compartment is opened, safe operation of switchgear and controlgear requires (irrespective of whether of fixed or withdrawable pattern) that the parts on which work is to be carried out should be isolated from all sources of supply and earthed. Furthermore, the disconnecting devices used to isolate should be secured against re-connection.

8.103.2 Architecture and accessibility to high-voltage compartments

The forms of internal partitioning defined in this standard attempt to balance such requirements as service continuity and maintainability. In this subclause, some guidance is given regarding the extent to which the different forms can provide maintainability.

NOTE 1 Temporarily inserted partitions are intended to prevent incidental contact with live parts, while performing certain maintenance procedures, are addressed in 10.4.

NOTE 2 If the user employs alternative maintenance procedures, for example, the establishment of safety distances and/or setting-up and use of temporary barriers, these are outside the scope of this standard.

The complete description of switchgear or controlgear includes the list and type of high-voltage compartments, for example, busbar compartment, circuit-breaker compartment, etc., the type of accessibility provided to each, and the pattern (withdrawable/non-withdrawable).

There are four types of high-voltage compartment; three being accessible to the user and one non-accessible.

Three methods of controlling the opening of accessible high-voltage compartment are defined:

- The first is by use of interlocks to ensure that all live parts inside are dead and earthed before opening, or are in the disconnected position with corresponding shutters closed. Such compartments are designated an “interlock-controlled accessible compartments”. Excluded in this respect are solid-insulation embedded high-voltage parts intended to remain live when accessing the high-voltage compartment; they should have a protection category in accordance with this standard;
Generally, it may be possible to open shutters or temporary inserted partitions manually after accessing the high-voltage compartment.
- the second relies on user procedure and locking to ensure safety, the compartment being supplied with facilities for padlocking or equivalent; this type of compartment is designated a “procedure-based accessible compartment”;
- the third does not provide any built-in feature to ensure electrical safety before opening. Such compartments need tools to be opened, they are designated “tool-based accessible compartments”.

The first two types of accessible high-voltage compartment are available to the user and are provided for normal operation and maintenance. Corresponding covers and/or doors of these two types of accessible high-voltage compartments do not require tools for opening.

If a high-voltage compartment requires tools for opening, then this is normally a clear indication that the user should take other measures to ensure safety, and possibly to ensure performance integrity, for example, insulating conditions.

Non-accessible high-voltage compartment: No user access is provided and the opening may destroy the integrity of the compartment. A clear indication not to open is provided on, or by a feature of, the compartment, for example, a complete mould with solid insulation.

8.103.3 Service continuity of the switchgear and controlgear

The solid insulating enclosure is intended to provide a level of protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects. With appropriate sensing and auxiliary control devices, it is also possible to provide a level of protection against failure of insulation to earth (ground).

For each functional unit of switchgear and controlgear the Loss of Service Continuity category (LSC) describes the extent to which other high-voltage compartments and/or functional units may remain energized when a main circuit compartment of this functional unit is opened.

Category **LSC1**: This form is not intended to provide service continuity during opening of any accessible compartment(s) and may require complete disconnection of the switchgear and controlgear from the system and making dead before such opening.

Category **LSC2** family: These forms are intended to allow maximum continuity of service of the network during access to the high-voltage compartments inside the switchgear and controlgear. It means that opening of accessible high-voltage compartments in a functional unit is possible while keeping the other functional units of the same section energised. This implies that at least one busbar can be kept energised. Insertion of a movable partition may be used to achieve this category.

LSC2 as a minimum requires that it is possible to open the connection compartment while keeping the busbar(s) live. There may or may not be other accessible high-voltage compartments (e.g. main switching device).

LSC2A applies to switchgear and controlgear which has accessible compartments other than for high-voltage connection (for instance the main switching device compartment); this requires that it is allowed, after making the relevant high-voltage circuit dead and earthed, to open any high-voltage compartment while keeping the busbar(s) energised (it is of course not allowed to open the live busbar compartment(s)).

It could be of additional value to keep the high-voltage connection (e.g. cables) energised when accessing such other compartments of the corresponding functional unit. This situation can occur when alternative power supplies are part of the installation (loop operation, generators, etc.). For these situations switchgear and controlgear can be specified to be LSC2B; this requires that the connection (cable) compartment can be kept energised when any other accessible high-voltage compartment is open.

The three categories of the LSC2 family can be summarised as follows:

- LSC2: Designation for functional units with accessible high-voltage connection compartments where opening the connection compartment does not require the busbar(s) nor the other functional units to be put out of service;
- LSC2A: Designation dedicated to LSC2 functional units in which all accessible high-voltage compartments (other than the busbar of single busbar equipment) can be opened with a busbar live;
- LSC2B: In addition to the requirements of LSC2A, the high-voltage connections (e.g. cables) to the functional unit being accessed may be kept energized. This implies that there also is a point of disconnection, as well as proper partitioning, between the accessed compartment and the high-voltage connections.

Examples:

- 1) LSC1 (Figure 101): a circuit-breaker functional unit with cable connections in the same compartment as the circuit-breaker and busbar will be classified as LSC1.
- 2) LSC2 (Figure 102): a non-withdrawable circuit-breaker functional unit has two accessible high-voltage compartments (other than the busbar compartment), and a disconnector in the circuit-breaker compartment. It is not allowed to open the circuit-breaker compartment with the busbar live. However the high-voltage connection may be earthed via the circuit-breaker: if there is full partitioning between the connection compartment and the circuit-breaker compartment, then the connection compartment may be opened with the busbar live. The functional unit should be defined as LSC2.
- 3) LSC2 (Figure 103): a circuit-breaker functional unit with cable connections in the same compartment as the circuit-breaker, this compartment being accessible with the busbar live because it can be isolated and earthed by disconnector and earthing switch placed in the busbar compartment. Similar to Figure 103, a typical Ring Main Unit design (RMU) where the busbar compartment contains the switch-disconnectors or circuit-breakers of several functional units is also designated as LSC2.

- 4) LSC2A (Figure 104): this is similar to example 2, except that the disconnector is located in the busbar compartment, and there is full partitioning between the busbar and circuit-breaker compartments. Both the circuit-breaker compartment and the connection compartment may be opened safely with the busbar live after the disconnector is opened and the earthing switch is closed. Access to the circuit-breaker compartment requires that the cables are dead and earthed.
- 5) LSC2B (Figure 105): for non-withdrawable main switching device designs. This is similar to example 4, but in addition a second disconnector and earthing switch are provided in the connection compartment; there is full partitioning between the circuit-breaker compartment and connection compartment. This allows the circuit-breaker compartment to be opened with both the busbars and connection compartment live.
- 6) LSC2B (Figure 106): for withdrawable designs. If the main switching device of each LSC2B functional unit is fitted in its own accessible compartment, maintenance may be performed on this main switching device without de-energizing the corresponding connection compartment. As a consequence, a minimum of three compartments for each LSC2B functional unit is necessary in this example:
 - for each main switching device;
 - for components connected to one side of a main switching device, for example, feeder circuit;
 - for components connected to the other side of the main switching device, for example, busbar. For double busbar switchgear and controlgear, each busbar shall be in its own, separate compartment.

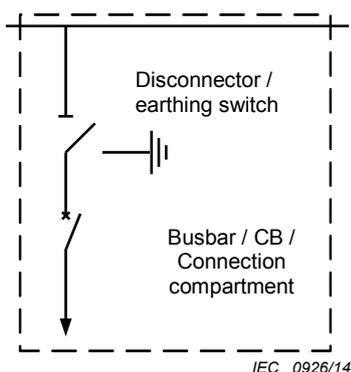


Figure 101 – LSC1

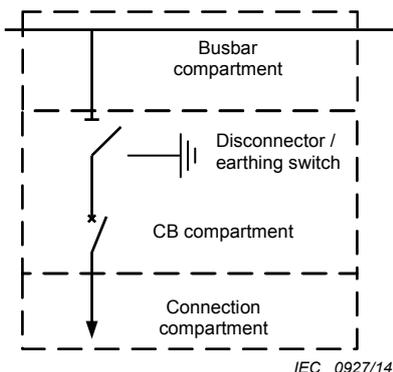


Figure 102 – LSC2

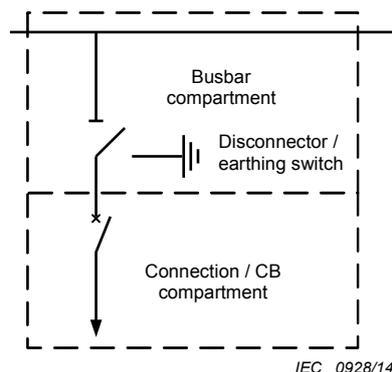


Figure 103 – LSC2

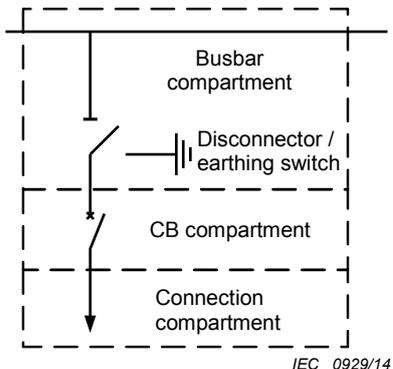


Figure 104 – LSC2A

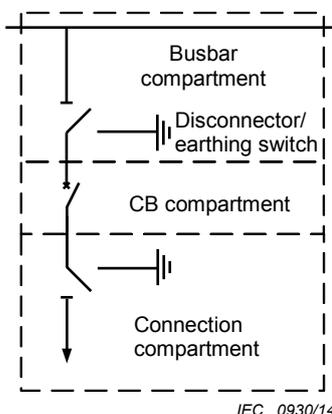


Figure 105 – LSC2B

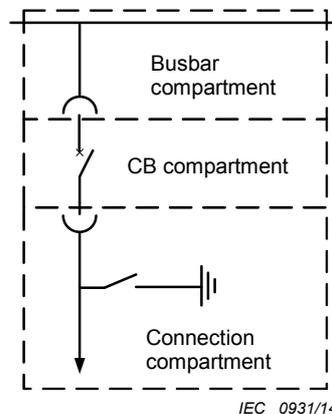


Figure 106 – LSC2B

8.103.4 Partition classes

There is one type of defined partitioning class, Class PI (3.111).

The partition class does not necessarily ensure personnel protection in the case of an internal arc in an adjacent compartment; refer to 6.105.1 and also to 8.104.

8.104 Internal arc fault

8.104.1 General

If the switchgear and controlgear is installed, operated and maintained in accordance with the instructions of the manufacturer, there should be little probability that an internal arc occurs, but it may not be completely disregarded. Failure within the enclosure of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear due either to a defect or an exceptional service condition or maloperation may initiate an internal arc, which constitutes a hazard, if persons are present.

When selecting an solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, the possibility of the occurrence of internal faults should be properly addressed, with the aim to provide an acceptable protection level for operators and, where applicable, for the general public.

This protection is achieved by reducing the risk to a tolerable level. According to ISO/IEC Guide 51, risk is the combination of the probability of occurrence of a harm and the severity of the harm. (Refer to Clause 5 of ISO/IEC Guide 51:1999 on the concept of safety.)

Therefore, the selection of adequate equipment, in relation to internal arcing, should be governed by a procedure to achieve a level of tolerable risk. Such a procedure is described in Clause 6 of ISO/IEC Guide 51:1999. This procedure is based on the assumption that the user has a role to play in the risk reduction.

8.104.2 Causes and preventive measures

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others. For guidance, Table 102 gives a list of locations where experience shows that faults are most likely to occur. It also gives causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal faults. If necessary, the user should implement those applicable to the installation, commissioning, operation and maintenance.

8.104.3 Supplementary protective measures

Other measures may be adopted to provide the highest possible level of protection to persons in case of an internal arc. These measures are aimed to limit the external consequences of such an event.

The following are some examples of these measures.

- rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection;
- application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the let-through current and fault duration;
- fast elimination of arc by diverting it to metallic short circuit by means of fast sensing and fast closing devices (arc eliminator);
- remote operation instead of operation in front of the switchgear and controlgear;
- pressure-relief device;
- transfer of a withdrawable part to or from the service position only when the front door is closed.

Table 102 – Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal arc faults

Locations where internal arc faults are most likely to occur (1)	Possible causes of internal arc faults (2)	Examples of possible preventive measures (3)
Connection compartments	Inadequate design	Selection of adequate dimensions Use of appropriate materials
	Faulty installation	Avoidance of crossed-cable connections. Checking of workmanship on site. Correct torque
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels, where applicable
Disconnectors Switches Earthing switches	Maloperation	Interlocks (refer to 5.11). Delayed reopening. Independent manual operation. Making capacity for switches and earthing switches. Instructions to personnel
Bolted connections and contacts	Corrosion	Use of corrosion inhibiting coating and/or greases. Use of plating. Encapsulation, where possible
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means. Correct torque. Adequate locking means
	During racking-in or racking-out of withdrawable parts. E.g. due to dielectric change of state in combination with damage or distortion of the plugging contacts and/or shutters	Checking of workmanship at site.
Instrument transformers	Ferro-resonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit
	Short circuit on LV side for VT's	Avoid short circuit by proper means e.g. protection cover, low-voltage fuses
Circuit breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance Instructions to personnel
All locations	Error by personnel	Limitation of access by compartmentalisation. Solid-insulation embedded live parts Instructions to personnel
	Ageing under electric stresses	Partial discharge routine tests
	Pollution, moisture ingress of dust, vermin, etc.	Measures to ensure that the specified service conditions are achieved (refer to Clause 2). Use of tight compartments
	Overvoltages	Surge protection. Adequate insulation co-ordination. Dielectric tests on site

8.104.4 Considerations for the selection and installation

The user shall make a proper selection, taking into account the characteristics of the network, operating procedures and service conditions. As well, considering the protection of the persons during service, the following points shall be considered:

- not all switchgear and controlgear will be IAC classified;
- not all switchgear and controlgear is of withdrawable design;

- not all switchgear and controlgear is fitted with a door which can be closed in the positions defined in 3.129 to 3.131.

As a guide for the selection of the adequate switchgear and controlgear with respect to internal arcs, the following criteria may be used.

- Where the risk is considered negligible: Solid-insulation enclosed switchgear and controlgear which is IAC classified is not necessary.
- Where the risk is considered to be relevant: Only solid-insulation enclosed switchgear and controlgear which are IAC classified should be used.

For the second case, the selection should be made by taking into account the foreseeable maximum level of current and duration of the fault, in comparison with the rated values of the tested equipment. In addition, the installation instructions of the manufacturer should be followed (refer to Clause 10). In particular, the location of personnel during an internal arc event is important. The manufacturer should indicate which sides of the switchgear and controlgear are classified as accessible, according to the testing arrangement and the user should follow the instruction carefully. Allowing personnel to enter an area not designated as accessible may lead to personnel injury.

The protection of persons in case of an internal arc is not only a matter of design and IAC classification of the switchgear and controlgear, but depends also on the installation conditions. Internal arc faults inside solid-insulation enclosed switchgear and controlgear can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the arc energy resulting from an arc developed in any insulating fluid within the enclosure will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the equipment. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged to the outside of the enclosure. From this point of view, immediate evacuation and further ventilation of the switchgear room, before re-entering the site, is required and appropriate measures should be considered for the installation on site.

8.104.5 Internal arc test

The internal arc test is intended to verify the effectiveness of the design in protecting persons in case of an internal arc, when the switchgear and controlgear is in normal service condition. The test does not assess the behaviour of the switchgear and controlgear under any condition of maintenance or work, when parts of the enclosure, including the low-voltage compartment, are open or dismantled.

The internal arc test is only applicable to solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, intended to be qualified as IAC classified.

It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test. The maximum pressure during the test will generally not decrease with a shorter arcing time and there is no universal rule according to which the permissible arc duration may be increased with a lower test current.

8.104.6 IAC classification

Classification IAC gives a tested level of protection of persons under normal operating conditions as stated in 6.105.2. It is concerned with personnel protection under these conditions; it is not concerned with personnel protection under maintenance conditions nor with service continuity.

In the case where classification IAC is proven by the tests, according to 6.105, the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear will be designated as follows:

- general: classification IAC (initials for Internal Arc Classified);

- accessibility: A (according to 4.101.2);
- rated values: arc fault current in kiloamperes (kA), and duration in seconds (s). Single phase values may be assigned to switchgear and controlgear, having one or more compartments where its construction will prevent the arc from becoming multiphase, as demonstrated during the internal arc test. The relationship between neutral earthing and single phase-to-earth arc fault current is given in Table 103. Users should specify a single phase to earth arc fault current rating when they require a value higher than 87 % of the three phase rating, or can accept a lower value, depending on the neutral earthing.

Table 103 – Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing

Type of network neutral earthing	Single phase-to-earth arc fault current
Isolated neutral	up to 87 % of the three-phase rated arc fault current
Impedance earthed neutral	100 % of the rated single phase-to-earth arc fault current
Solidly earthed neutral	100 % of the three-phase rated arc fault current
<p>For systems with isolated neutral, the maximum single phase-to earth fault current could theoretically reach levels up to 87 % of the three phase rated arc fault current (single phase-to-earth fault current under conditions of double-earth fault). However, double-earth faults at independent locations in the proximate vicinity of a single phase-to-earth fault subjected switchgear and controlgear have a very low probability. Therefore this condition may not be applicable and the user may specify a reduced single phase-to-earth arc fault current rating.</p> <p>NOTE 1 If the rated single phase-to-earth arc fault current covers the condition of solidly earthed neutral, all other earthing conditions of the network are also covered.</p> <p>NOTE 2 Resonant earthed (neutral) systems are covered in this table by the term 'isolated neutral'.</p>	

The designation shall be included in the nameplate (refer to 5.10)

Example 1: A solid-insulation enclosed switchgear and controlgear tested for a fault current (r.m.s.) of 12,5 kA, for 0,5 s, accessibility in front, lateral and rear side, is designated as follows:

IAC	AFLR
Arc fault current	12,5 kA
Arc fault duration	0,5 s

Designation: IAC AFLR 12,5 kA, 0,5 s

Example 2: A solid-insulation enclosed switchgear and controlgear, intended to be used only with plug-in connectors in earth fault protected, isolated neutral or impedance earthed networks where a maximum earth fault current of 2 kA prevails. When tested for a fault current (r.m.s.) of 20 kA, for 0,5 s, but for the connection compartment only for 2 kA for 1 s, with indicators placed in front, lateral and rear side, the designation is as follows:

IAC	AFLR
Arc fault current	20 kA
Arc fault duration	0,5 s
Single phase to earth arc fault current	2 kA
Single phase to earth arc fault duration	1 s

Designation: IAC AFLR 20 kA, 0,5 s (I_{Ae} : 2 kA, 1 s)

8.105 Summary of technical requirements, ratings and optional tests

Technical requirements, ratings and optional tests for solid-insulation enclosed switchgear are summarized in Table 104.

Table 104 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for solid-insulation enclosed switchgear

Information	Clause/subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Particulars of system (not equipment rating):		
Nominal voltage kV		
Frequency Hz		
Number of phases		
Type of neutral earthing	8.106	
Switchgear characteristics		
Number of poles		
Class indoor – (special service conditions)	2	
Name of compartment: Busbar Main device Connection CT VT (etc.)	3.108 (refer to 5.103.1)	Busbar compartment = Main device compartment = Connection compartment = CT compartment = VT compartment =
Type of compartment (specify type for each high-voltage compartment) if applicable: Interlock-controlled accessible compartment Procedure-based accessible compartment Tool-based accessible compartment Non-accessible compartment	3.108 3.108.1 3.108.2 3.108.3 3.108.4	Connection/CT compartment = Main switching device/CT compartment = Other compartment (state)=
Partition class PI	3.111	
Withdrawable / non-withdrawable (main device type)	3.128	(Withdrawable/non-withdrawable) =
Loss of service continuity category (LSC) LSC2 LSC2A LSC2B LSC1	3.134.1 3.134.1.1 3.134.1.2 3.134.2	
Rated voltage U_r 3,6 kV; 7,2 kV; 12 kV; 17,5 kV; 24 kV; 36 kV, etc.	4.1	
Number of phases 1, 2 or 3		
Rated insulation level: power-frequency withstand voltage U_d Lightning impulse withstand voltage U_p	4.2	(Common value/across the isolating distance) a) / b) /
Rated frequency f_r	4.3	
Rated normal current I_r Incomer Busbar Feeder	4.4	a) b) c)

Information	Clause/subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Rated short-time withstand current Main circuit (incomer/busbar/feeder) I_k Earthing circuit I_{ke}	4.5 8.106	a) b)
Rated peak withstand current Main circuit (incomer/busbar/feeder) I_p Earthing circuit I_{pe}	4.6 8.106	a) b)
Rated duration of short circuit Main circuit (incomer/busbar/feeder) t_k , Earthing circuit t_{ke}	4.7 8.106	a) b)
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits U_a a) Closing and tripping b) Indication c) Control	4.8	a) b) c)
Rated supply frequency of closing and opening and of auxiliary circuits	4.9	
Internal arc fault IAC Types of accessibility to switchgear/ controlgear (for A, specify the side(s) for which they are required) A restricted to authorized personnel only Classification test value in kA and duration in s	3.135 4.101.2 Examples in 8.104.6 AA.4	Y/N F for front side = L for lateral side = R for rear side =
Rated cable test voltages U_{ct}	4.102	a.c. and/or d.c.
Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices (state requirements for example, lock-out on low-pressure indication, etc.)	5.9	
Interlocking devices (state any additional requirements to 5.11)	5.11	
Degrees of protection by enclosures (if not IP2X): With doors closed With doors open	5.13.1	a) b)
Thermal stability test	6.106	
Humidity tests	6.107	
Additional information E.g. Installation conditions		

8.106 Ratings of earthing circuits

For systems with a solidly earthed neutral, the maximum short-circuit current of the earthing circuit may reach levels up to the rated short-time withstand current of the main circuit.

For systems with other than solidly earthed neutral, the maximum short-time current of the earthing circuit could theoretically reach levels up to 87 % of the rated short-time withstand current of the main circuit (short circuit under conditions of double-earth fault). However, double-earth faults at independent locations have a very low probability of occurring

completely through the earthing circuit of the switchgear and controlgear. Therefore this condition may not be applicable and the user may select a reduced earth fault current.

8.107 Ratings for cable testing

Users should specify values of rated cable test voltages allowing adequate margins above the actual cable test voltages expected to be applied.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

Clause 9 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

9.1 Information with enquiries and orders

Subclause 9.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable:

When enquiring about or ordering an installation of solid-insulation enclosed switchgear and controlgear the following information should be supplied by the enquirer.

1) Particulars of the system:

Nominal and highest voltage, frequency, type of system neutral earthing.

2) Service conditions if different from standard (refer to Clause 2):

Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, such as, for example, unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt, thermal radiation, for example, solar, the risk of earth tremors or other vibrations due to causes external to the equipment to be delivered.

3) Particulars of the installation and its components:

- a) protection category PA or PB to be provided by the solid insulating enclosure;
- b) number of phases;
- c) number of busbars, as shown in the single-line diagram;
- d) rated voltage;
- e) rated frequency;
- f) rated insulation level;
- g) rated normal currents of busbars and feeder circuits;
- h) rated short-time withstand currents (I_k , I_{ke});
- i) rated duration of short circuit (if different from 1 s);
- j) rated peak withstand current (if different from $2,5 I_k$ for 50 Hz or $2,6 I_k$ for 60 Hz);
- k) rated cable test voltages;
- l) rated values of components;
- m) degree of protection for the solid insulating enclosure and partitions;
- n) circuit diagrams;
- o) description by name and type (accessibility) of the various compartments, if required;
- p) If applicable, loss of service continuity category (LSC1, LSC2, LSC2A or LSC2B);
- q) classification IAC, if required, with corresponding arc fault current and duration, as applicable.

4) Particulars of the operating devices:

- a) type of operating devices;
- b) rated supply voltage (if any):

- c) rated supply frequency (if any);
- d) rated supply pressure (if any);
- e) special interlocking requirements.

Beyond these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, as, for example, special mounting or erection conditions, the location of the external high-voltage connections, the rules for pressure vessels, requirements for cable testing, treatment of exhausting gases, specific dimensions.

Information should be supplied if special type tests are required.

9.2 Information with tenders

Subclause 9.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

The following information, if applicable, should be given by the manufacturer with descriptive material and drawings.

- 1) Rated values and characteristics as enumerated in item 3 of 9.1.
- 2) Type test certificates or reports on request.
- 3) Constructional features, for example:
 - a) mass of the heaviest transport unit;
 - b) overall dimensions of the installation;
 - c) arrangement of the external connections;
 - d) facilities for transport and mounting;
 - e) mounting provisions;
 - f) description by name and category of the various compartments;
 - g) classified sides;
 - h) instructions for installation, operation and maintenance;
 - i) type of gas-pressure or liquid-pressure system;
 - j) rated filling level and minimum functional level;
 - k) volume of liquid or mass of gas or liquid for the different compartments;
 - l) specification of gas or liquid condition.
- 4) Particulars of the operating devices:
 - a) types and rated values as enumerated in item 4 of 9.1;
 - b) current or power for operation;
 - c) operating times;
- 5) List of recommended spare parts which should be procured by the user.

10 Transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 10.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

10.2 Installation

Subclause 10.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition to subclause 10.2.3.

10.2.3 Mounting

In the case of IAC classified switchgear and controlgear, guidance on safe installation conditions for the case of an internal arc should be provided as well. The hazards of the actual installation condition should be assessed with respect to installation conditions of the test specimen during the internal arc test (refer to 6.105). However, if the purchaser (user) considers that the risk is not relevant, the switchgear and controlgear can be installed without the restrictions indicated by the manufacturer.

10.3 Operation

Subclause 10.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

If temporarily inserted partitions are required, while performing certain maintenance procedures, to prevent accidental contact with live parts, then

- the manufacturer shall offer to supply the required partitions or their design;
- the manufacturer shall give advice direction as to the maintenance procedure and use of partitions;
- when installed according to the manufacturer's instructions, the requirements IP2X (according to IEC 60529) shall be met;
- such partitions shall meet the requirement of 5.103.3;
- the partitions and their supports shall have sufficient mechanical strength to avoid incidental contact of live parts.

NOTE Barriers and supports provided for mechanical protection only are not subject to this standard.

After a short-circuit event in service, the earthing circuit should be examined for potential damage and replaced in whole or in part if needed.

11 Safety

Clause 11 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following addition:

Additional subclauses:

11.101 Procedures

Suitable procedures should be put in place by the user to ensure that a procedure-based accessible compartment may be opened only when the part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the withdrawn position with corresponding shutters closed. Procedures may be dictated by legislation of the country of installation or by user safety documentation (e.g. EN 50187- refer to [14] of Bibliography).

11.102 Internal arc aspects

As far as the protection of persons is concerned, the correct performance of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear in case of an internal arc is not only a matter of design of the equipment itself, but also of the installation conditions and operating procedure, for instance, see 8.104.

Arcing due to an internal fault in the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear may cause overpressure within the switchgear room. This effect is not within the scope of this standard but it should be taken into consideration when designing the installation.

12 Influence of the product on the environment

Clause 12 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

Annex AA (normative)

Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC)

AA.1 Room simulation

The room shall be represented by a floor, ceiling and two walls perpendicular to each other. Where appropriate simulated cable access ways and/or exhaust ducts shall also be built.

NOTE 1 The dimensions of the room simulation establish defined test condition, however real installation conditions generally deviate, refer to 10.2.

Ceiling:

The test shall be performed at a ceiling height as specified by the manufacturer.

The ceiling height is always stated from the floor or false floor level where the switchgear is actually placed. This is also the level where the indicator racks are placed during the IAC test, refer to Figure AA.5.

However, the ceiling shall be located as a minimum:

- at a distance not less than 200 mm (± 50 mm) above the height of the test specimen and
- at a distance of 2 000 mm (± 50 mm) from the floor or false floor, if the height of the test specimen is less than 1 800 mm.

The height of the test specimen is determined by its most upper part that influences the gas flow, including pressure relief flaps in the highest open position by design and construction. The pressure relief flaps shall not strike the ceiling during opening.

The test results performed with these conditions are valid for all distances between test specimen and ceiling larger than the tested ones.

EXAMPLE A test performed with a distance between test specimen and ceiling of 600 mm is valid for this and all higher distances.

If the manufacturer states a distance between ceiling and the height of the test specimen between 0 mm and 200 mm, the test results are only valid for this ceiling distance and this distance may be declared as admissible for the installation instructions.

Lateral wall:

The lateral wall shall be placed at 100 mm \pm 30 mm from the right or left lateral side of the test specimen. A lower distance can be chosen provided that it can be demonstrated that any permanent deformation of the lateral side of the test specimen is not interfered with or limited by the wall.

The test results performed with these conditions are valid for all distances between test specimen and lateral wall larger than the tested ones, provided that the gases are not directed to the walls.

Rear wall:

The test specimen shall be placed at a distance to the rear wall depending on the accessibility of the rear side of the switchgear and controlgear. Test specimens consisting of functional units with various depths shall have the required distances at the unit with the biggest depth.

In all cases the distance from the rear wall to the switchgear and controlgear is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements not expected to influence the evacuation of hot gases (e.g. handles).

Non-accessible rear side:

Unless the manufacturer states a larger minimum clearance, the wall shall allow a clearance to the rear of the test specimen of $100 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$. A lower clearance can be chosen provided that it can be demonstrated that any permanent deformation of the rear side of the test specimen is not interfered with or limited by the wall.

This test arrangement is deemed valid for an installation mounted closer to the wall than the test arrangement, provided that two additional conditions are met (refer to 6.105.5, Criterion no.1).

If these conditions cannot be demonstrated, or the manufacturer requires direct qualification of a wall-mounted design, a specific test without clearance to the rear wall shall be carried out. However, the validity of such a test shall not be extended to any other installation condition.

When the test is carried out at any larger clearance to the rear wall, as stated by the manufacturer, this clearance shall be declared as a minimum admissible for the installation instructions. The instructions shall also include guidance on the obligation to adopt measures preventing persons to enter that area.

Accessible rear side:

The rear wall shall leave a standard clearance of $800 \text{ mm} \left(\begin{smallmatrix} +100 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm} \right)$ from the rear side of the test specimen.

The test is also valid for non-accessible rear side with a distance to the wall of 300 mm and more.

When the test is carried out at any larger clearance to the rear wall, as stated by the manufacturer, this clearance may be declared as a minimum admissible for the installation instructions.

Special case, use of exhausting ducts:

If the manufacturer claims that the design requires that cable access way and/or any other exhausting duct needs to be used to evacuate gases generated during the internal arc, their minimum cross-section dimensions, location and output features (flaps or grid, with their characteristics) shall be stated by the manufacturer. The test shall be carried out with simulation of such exhausting ducts. The output end of the exhausting ducts shall be at least $2\,000 \text{ mm} (\pm 50 \text{ mm})$ away from the switchgear and controlgear tested.

For tests performed with an exhausting duct, the absolute ceiling height is not relevant. If the exhausting duct is installed on top of the specimen, a minimum distance of the test specimen to the ceiling of 100 mm shall be ensured to document permanent deformations of the exhausting duct. If such a test is performed for accessible rear side, the test arrangement is

deemed valid for an installation for non-accessible rear side at any distance to the wall, if two additional conditions are met, refer to 6.105.5, Criterion No. 1.

NOTE 2 The possible effects of hot gases at the end and around the exhausting duct beyond the indicators, are not covered by the tests in this standard.

AA.2 Indicators (for assessing the thermal effects of the gases)

AA.2.1 General

Indicators are pieces of black cotton cloth so arranged that their cut edges do not point toward the test specimen.

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) or black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators, depending on the accessibility condition.

Care shall be taken to see that the vertical indicators can not ignite each other. This is achieved by fitting them in a frame of steel sheet, with a depth of $2 \times 30_{-3}^0$ mm, refer to Figure AA.1.

With the horizontal indicators, care shall be taken that glowing particles do not accumulate. This is achieved if the indicators are mounted without frame, refer to Figure AA.2.

The indicator dimensions shall be 150 mm × 150 mm ($+15_0$ mm).

AA.2.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be placed at each classified side, on a mounting rack, at distances defined for accessibility type A.

The length of the mounting rack shall be larger than the test specimen to take into account the possibility of hot gases escaping at angles of up to 45° from the surface under test. This means that the mounting frame on each side – if applicable – shall be at least 300 mm, provided that the position of the wall in the arrangement of the room simulation does not limit this extension.

The distance from the indicators fitted vertically to the switchgear and controlgear is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements not expected to influence the evacuation of hot gases (for example the handles). If the surface of the switchgear and controlgear is not regular, the indicators should be placed to simulate as realistically as possible the position that a person may usually adopt in front of the equipment, at the above- indicated distance, according to the type of accessibility A (authorized personnel).

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) shall be used for the indicators.

Indicators shall be fitted vertically at all classified sides of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear up to a height of 2 000 mm (± 50 mm) evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figures AA.3 and AA.4).

The distance from the indicators to the switchgear and controlgear shall be 300 mm (± 15 mm).

Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 000 mm (± 50 mm) above the floor as described in Figures AA.3 and AA.4 and covering the whole area between 300 mm (± 30 mm) and 800 mm (± 30 mm) from the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear. When the ceiling is placed at a height of 2 000 mm (± 50 mm) above the floor

(refer to AA.1) no horizontal indicators are required. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figures AA.3 and AA.4).

Special accessibility conditions:

where normal operation requires persons to stand or walk upon the equipment, horizontal indicators shall be placed above the upper accessible surface, whatever the height of the switchgear and controlgear;

black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for the indicators.

NOTE Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) is considered to represent workman's clothes, whereas cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) is considered to represent light summer wear of the general public.

AA.3 Tolerances for geometrical dimensions of test arrangements

Summary of tolerances for geometrical dimensions of test arrangements as given in the text (the values given there in brackets are tolerances only for the actual test arrangement and do not extend the required values):

Distance between test specimen and ceiling:	± 50 mm
Distance between test specimen and lateral wall:	± 30 mm
Distance between test specimen and rear wall (non-accessible):	± 30 mm
Distance between test specimen and rear wall (accessible):	0/+100 mm
Indicator dimensions:	0/+15 mm
Depth of the steel frame for indicators:	-3/0 mm
Height of indicators	± 50 mm
Distance between test specimen and indicators for Accessibility type A	± 30 mm

AA.4 Test parameters

AA.4.1 General

A test performed at a given voltage, current and duration is generally valid for all lower values of current, voltage and duration.

Lower current level may influence the behaviour of the pressure-relief devices and the burn-through performance. For lower short-circuit current level than tested, care should be taken in the interpretation of the results.

AA.4.2 Voltage

The test shall be performed at any suitable voltage up to and including the rated voltage U_r . If a voltage lower than U_r is chosen, the following conditions shall be met:

- a) the average r.m.s. current value during the test as computed by a digital recording device complies with current requirements of AA.4.3.1;
- b) the arc is not extinguished prematurely in any of the phases in which it has been initiated. Temporary single-phase extinguishing is permitted, as long as the cumulated duration of the intervals without current does not exceed 2 % of the test duration and the single events last not longer than to the next prospective current zero, provided that the integral of the a.c. component of the current equals at least the value specified in AA.4.3.1 in the relevant phase.

AA.4.3 Current

AA.4.3.1 AC component

The test current shall be set within a $\pm 5\%$ tolerance of the rated arc fault current (I_A or I_{Ae}). If the applied voltage is equal to U_r , this tolerance applies only to the prospective current.

The current should remain constant. If the capability of the test plant does not permit this, the test shall be extended until the integral of the a.c. component of the current ($I \times t$) equals the value specified within a tolerance of ($+10_0\%$). In this case, the current shall be equal to the specified value at least during the first three half-cycles and shall not be less than 50 % of the specified value at the end of the test.

NOTE Information about the relationship between type of neutral earthing and the single phase-to-earth arc fault current is provided in 8.104.6

AA.4.3.2 Peak current

The instant of closing shall be chosen so that the peak current is flowing in one of the outer phases and a major loop also occurs in the other outer phase.

If the applied voltage is equal to U_r , the peak value of the prospective current shall be set to 2,5 times (for frequencies up to 50 Hz) or 2,6 times (for 60 Hz) the r.m.s. value of the a.c. component defined in AA.4.3.1 with a tolerance of $+5_0\%$.

If the voltage is lower than U_r , the peak value of the prospective current is irrelevant, but the peak value of the short-circuit current for the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear under test shall not drop below 90 % of the rated peak value.

For higher d.c. time constants than the standard defined 45 ms of the feeding network, a uniform value of 2,7 times the r.m.s. value of the a.c. component should be used as a rated value for both 50 Hz and 60 Hz applications.

In the case of two-phase initiating of the arc, the instant of closing shall be chosen to provide the maximum possible d.c. component.

AA.4.4 Frequency

At a rated frequency of 50 Hz or 60 Hz, the frequency at the beginning of the test shall be between 48 Hz and 62 Hz. At other frequencies it shall not deviate from the rated value by more than $\pm 10\%$.

AA.5 Test procedure

AA.5.1 Supply circuit

AA.5.1.1 Three phase tests

The supply circuit shall be three-phase and all three phases of the switchgear and controlgear shall be energised. The neutral point of the supply circuit may be either isolated or earthed through an impedance, in such a way that the maximum earth current is less than 100 A. In this situation, the arrangement covers all situations of neutral treatment.

AA.5.1.2 Single phase tests

One terminal of the supply circuit shall be connected to the earthing point provided on the switchgear and controlgear, the other to the phase under test.

The two remaining phases of the test specimen shall be energised at U_r , unless mutual influence between the phases is unlikely.

If one of the remaining phases ignites, the test shall be repeated as a three-phase test.

AA.5.1.3 Feeding arrangements

The feeding direction shall be as follows:

- for a connection compartment: supply from the busbar, through the main switching device;
- for a busbar compartment: the supply connections shall not introduce any opening in the compartment under test. Supply shall be made through one barrier or through a suitable feeder unit, from the opposite end of the switchgear and controlgear;

In case of non-symmetrical designs of a busbar compartment, the most onerous internal arc initiation shall be considered, with respect to arc energy and burn-through.

- for the main switching device compartment: supply from the busbar, with the device in the closed position;
- for a compartment with several main circuit components inside: supply through one available set of incoming bushings, with all switching devices in the closed position, except for earthing switches, if any, which shall be in the open position.

AA.5.2 Arc initiation

AA.5.2.1 General

The arc shall be initiated between all the phases under test by means of a metal wire of about 0,5 mm diameter or, in the case of a single phase-to earth arc fault current, between one phase and earth.

The point of initiation shall be located at the furthest point, downstream in the current path from the supply, within the compartment under test. If the main circuit of the compartment under test includes current limiting devices (e.g. fuses), the point of initiation shall be chosen upstream from the limiting device.

The number of phases to be tested, the connection arrangements, and the action to be taken if other phases are affected, shall be in accordance with Table AA.1, according to the construction of the compartment under test.

If a value of I_{Ae} is assigned to the switchgear and controlgear at least one compartment shall be tested single phase to earth. If this value is greater than 87 % of I_A any two phase tests shall use the value of I_{Ae} for the test current.

In the case of single phase- to earth ignition, the arc shall be initiated between the middle phase and closest earth.

AA.5.2.2 Compartments with solid-insulation embedded live parts

In compartments where the live parts are covered by solid insulating material, the arc shall be initiated at the following locations:

- a) at gaps or joining surfaces between the insulation of solid-insulation embedded parts;
- b) by perforation at solid insulating joints made on site when prefabricated solid insulating parts are not used;
- c) when a) and b) are not applicable, by perforation or partial removal of solid insulating material from the conductors.

AA.5.2.3 Connection compartments

AA.5.2.3.1 Cable compartments with plug-in solid insulating connections

For outer-cone plug-in connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without solid insulation.

For inner cone connections, the initiation shall be made by perforating or partly removing their solid insulation directly below the cable plug(s) of the phase(s) to be ignited.

The other phase(s) shall be provided with a plug-in connector as can be used in service, able to be energized.

NOTE Experience shows that the fault generally does not evolve towards a three-phase fault; therefore, the choice of the fitting for the third phase is not critical.

AA.5.2.3.2 Compartments with site-made solid insulating connections

For connection compartments in which connections are made with site-made solid insulating connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without solid insulation.

AA.5.2.3.3 Compartments without plug in or site-made solid insulating connections

Cable connections without plug-in or site-made solid insulating connections shall be tested without cables. The ignition shall be made three-phase.

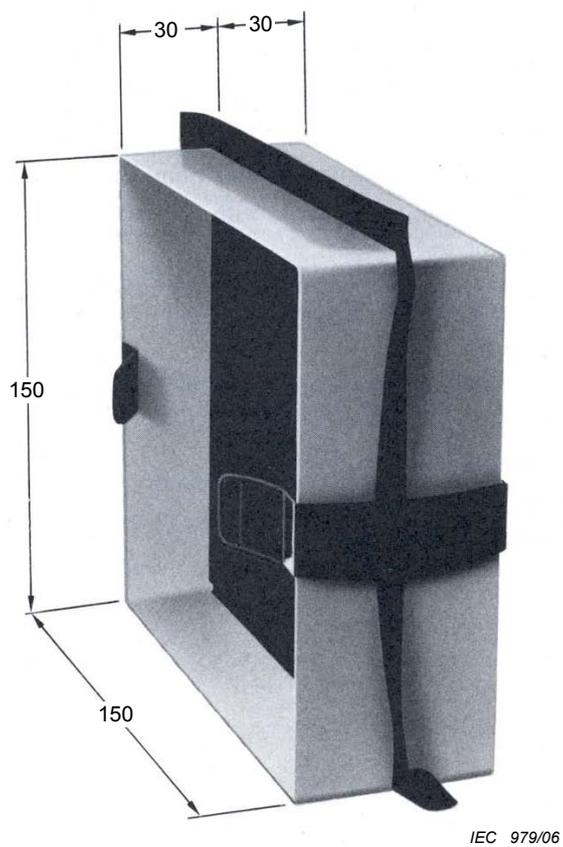
Cable lugs shall be fitted in their service configuration.

AA.5.2.4 Single phase compartments without any earthed metallic parts

For single phase compartments without any earthed metallic parts, a path shall be created through the insulation to the closest earthed metallic part.

Table AA.1 – Parameters for internal arc fault test according to compartment construction

		Test current	Number of phases/earth for arc initiation	Action if other phase affected
Three phase compartments, other than connection compartments:	with bare conductors	I_A	Three	N/A
	conductors with site-made solid insulation	I_A	Three	N/A
	conductors with non site-made solid insulation	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
I_{Ae}		One phase and earth		
Single phase compartments:		I_{Ae}	One phase and earth.	Repeat as 3 phase test
Connection compartments:	Connections uninsulated or fitted with site-made solid insulation	I_A	Three	N/A
	Connections using outer cone plugs (screened or unscreened)	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
		I_{Ae}	One phase and earth	
	Connections using inner cone plugs	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
I_{Ae}		One phase and earth		



Dimensions in millimetres

Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators

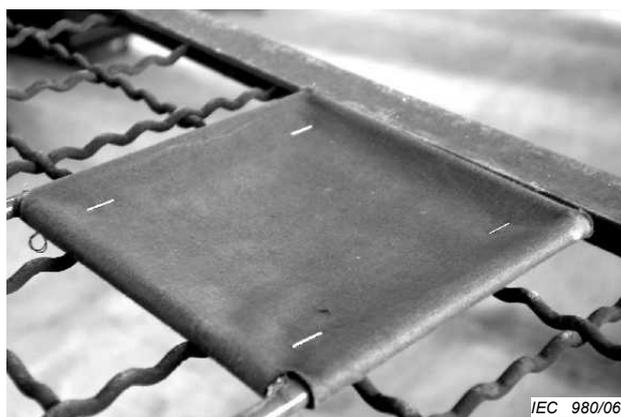
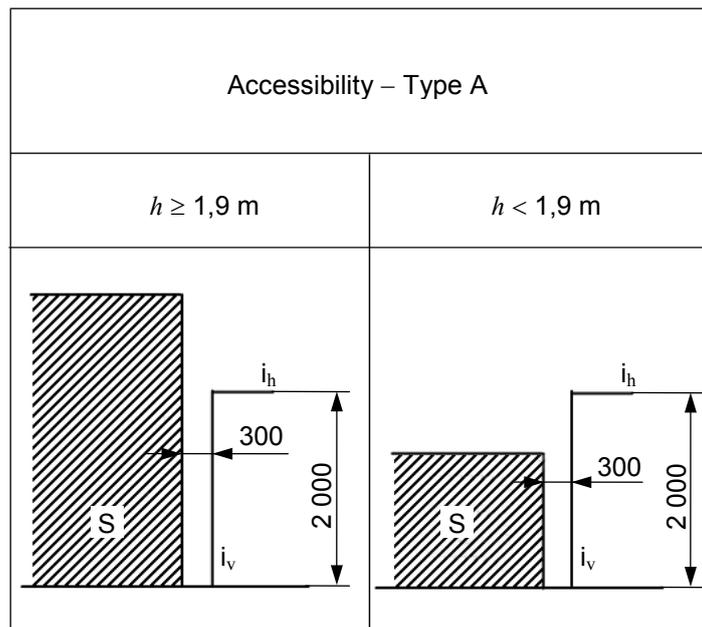


Figure AA.2 – Horizontal indicator



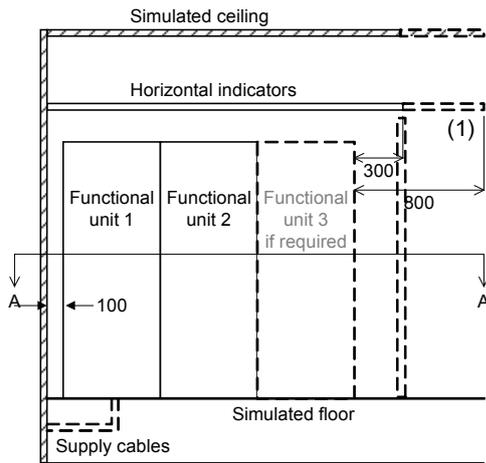
IEC 0932/14

*Dimensions in millimetres,
unless otherwise stated*

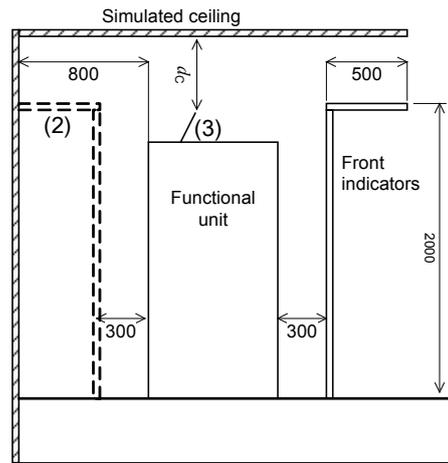
Key

- S switchgear and controlgear
- h height of switchgear and controlgear
- i_h horizontal indicators
- i_v vertical indicators

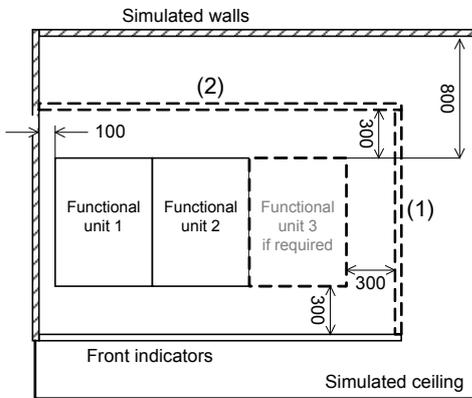
Figure AA.3 – Position of the indicators



Front elevation



End elevation



Section A-A

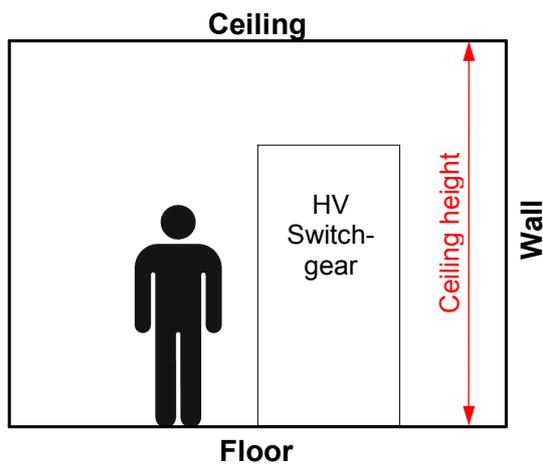
Key

- (1) indicators for classified lateral side
- (2) indicators for classified rear side
- (3) open pressure relief flap
- d_c distance to ceiling

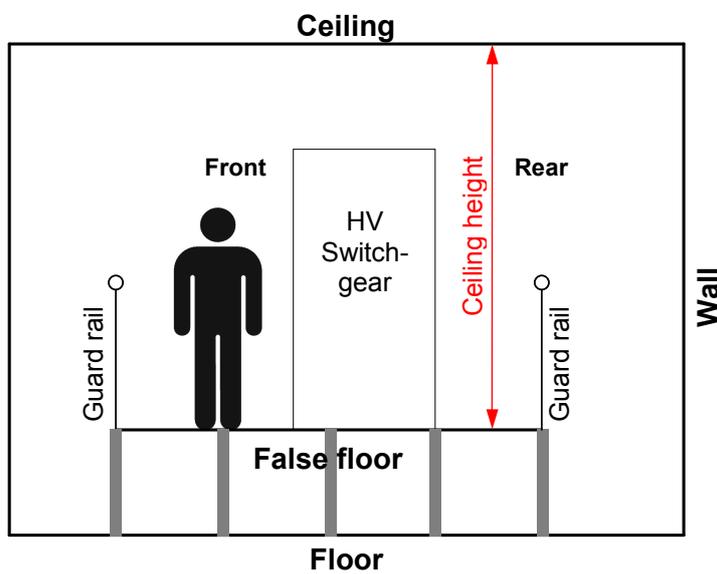
Dimensions in mm

IEC 0933/14

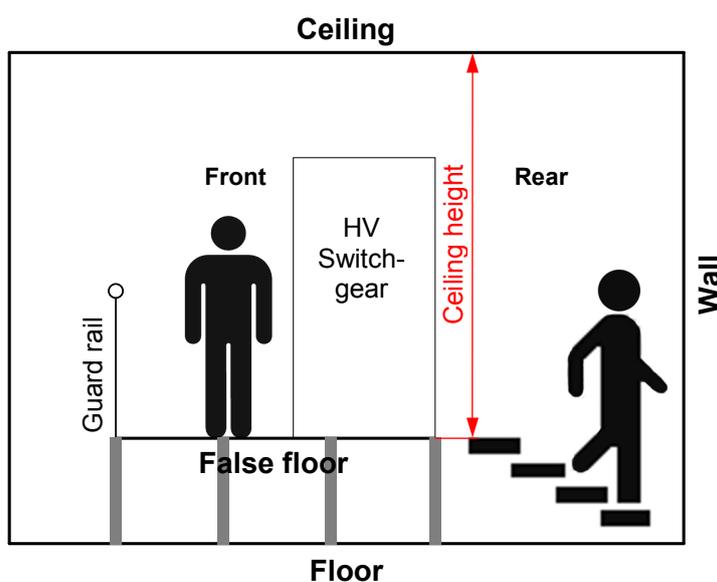
Figure AA.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, classified rear side, functional unit of any height



a) Switchgear assembly placed on floor



b) Switchgear assembly placed on false floor



c) Switchgear assembly placed on false floor, floor levels different at front and rear side

IEC 0934/14

Figure AA.5 – Ceiling height stated from the floor or false floor level where the switchgear is actually placed

Annex BB (normative)

Partial discharge measurement

BB.1 General

The measurement of partial discharges is a suitable means of detecting certain defects in the equipment under test and is a useful complement to the dielectric tests. Experience shows that partial discharges may lead in particular arrangements to a progressive degradation in the dielectric strength of the insulating material, especially of solid insulation, and fluid-filled compartments.

On the other hand, it is not yet possible to establish a reliable relationship between the results of partial discharge measurements and the life expectancy of the equipment owing to the complexity of the insulation systems used in solid-insulation enclosed switchgear and controlgear.

BB.2 Application

The measurement of partial discharges is in general appropriate for solid-insulation enclosed switchgear and controlgear.

Because of the design variations, a general specification for the test object cannot be given. In general, the test object should consist of assemblies or subassemblies with dielectric stresses which are identical to those which would occur in the complete assembly of the equipment.

NOTE 1 Test objects consisting of a complete assembly are to be preferred. In the case of integrated switchgear and controlgear design, especially where various live parts and connections are embedded in solid insulating material, tests are necessarily carried out on a complete assembly.

NOTE 2 In the case of designs consisting of a combination of conventional components (for instance, instrument transformers, bushings), which can be tested separately in accordance with their relevant standards, the purpose of this partial discharge test is to check the arrangement of the components in the assembly.

This test may be carried out on assemblies or subassemblies. Care should be taken that external partial discharges do not affect the measurement. To prevent these external partial discharges, shielding or grading electrodes may be applied.

BB.3 Test circuits and measuring instruments

The partial discharge tests shall be in accordance with IEC 60270.

NOTE The partial discharge quantity is apparent charge that is expressed usually in picocoulombs (pC).

Three-phase equipment is either tested in a single-phase test circuit or in a three-phase test circuit (refer to Table BB.1).

a) Single-phase test circuit

Procedure A:

To be used as a general method for equipment designed for use in systems with or without solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, each phase shall be connected to the test voltage source successively, the other two phases and all the parts earthed in service being earthed.

Procedure B:

To be used only for equipment exclusively designed for use in systems with solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, two test arrangements shall be used.

At first, measurements shall be made at a test voltage of $1,1 U_r$. Each phase shall be connected to the test voltage source successively, the other two phases being earthed. It is allowed to insulate or to remove all the metallic parts normally earthed in service. Also any conductive layer that is normally earthed in service, may be isolated from earth for this test.

An additional measurement shall be made at a reduced test voltage of $1,1 U_r / \sqrt{3}$ during which the parts being earthed in service are earthed and the three phases connected to the test voltage source are bridged.

b) Three-phase test circuit

When suitable test facilities are available, the partial discharge tests may be carried out in a three-phase arrangement.

In this case, it is recommended to use three coupling capacitors connected as shown in Figure BB.1. One discharge detector can be used which is connected successively to the three measuring impedances.

For calibration of the detector on one measuring position of the three-phase arrangement, short-duration current pulses of known charge are injected between each of the phases taken in turn on the one hand, and the earth and the other two phases, on the other hand. The calibration giving the lowest deflection is used for the determination of the discharge quantity.

In the case of equipment designed for use in systems without solidly earthed neutral, an additional test shall be made (as type test only). For this test, each phase of the test object and the corresponding phase of the voltage source shall be earthed successively, refer to Figure BB.2.

BB.4 Test procedure

The applied test-voltage is raised to a pre-stress value of at least $1,3 U_r$ or $1,3 U_r / \sqrt{3}$ in accordance with the test circuit (refer to Table BB.1) and maintained at this value for at least 10 s.

Partial discharges occurring during this period shall be disregarded. The voltage is then decreased without interruption to $1,1 U_r$ or $1,1 U_r / \sqrt{3}$ in accordance with the test circuit and the partial discharge quantity is measured at this test voltage (refer to Table BB.1).

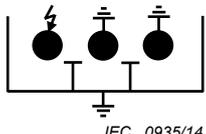
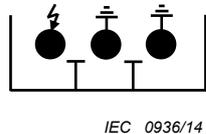
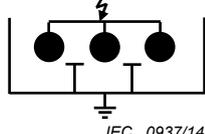
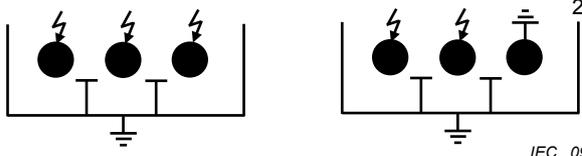
Alternatively, the partial discharge test may be performed while decreasing the voltage after the power- frequency voltage tests

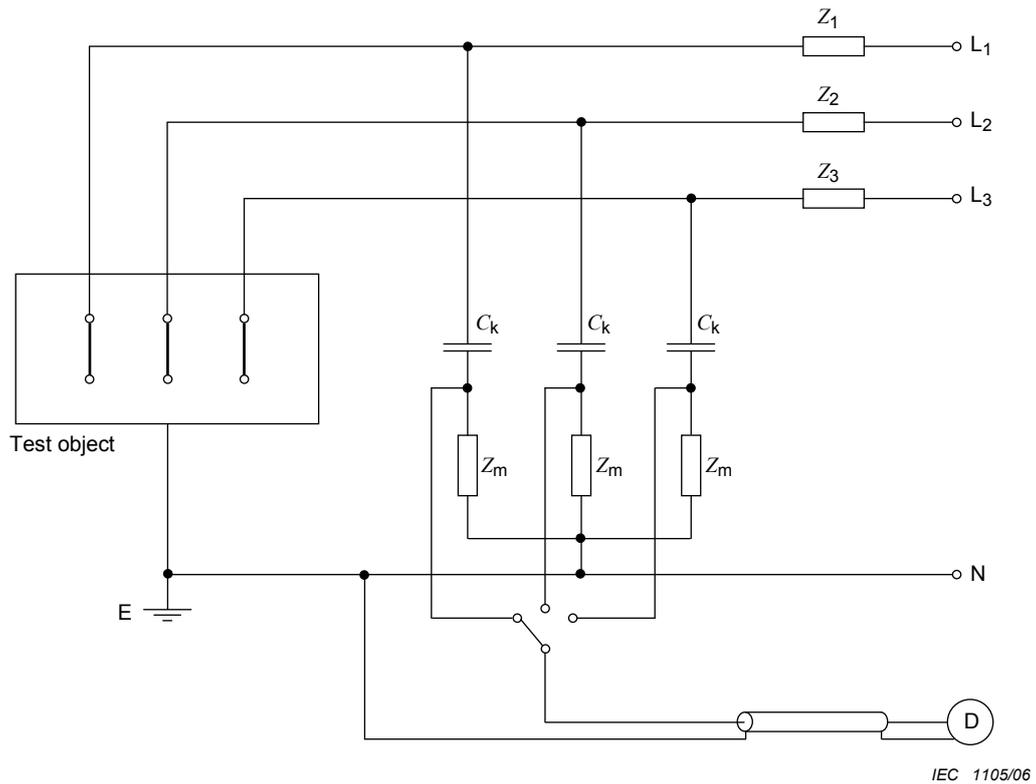
As far as possible with respect to the actual background noise level, the partial discharge inception and the partial discharge extinction voltages should be recorded for additional information.

In general, tests on assemblies or subassemblies should be made with the switching devices in the closed position. In the case of disconnectors where deterioration of the insulation between the open contacts by partial discharges is conceivable, additional partial discharge measurements should be made with the disconnector in the open position.

On fluid-filled equipment the tests shall be carried out at the minimum functional level or the rated filling level, whichever is most onerous. For routine tests the rated filling level shall be applied.

Table BB.1 – Test circuits and procedures

	Single-phase testing		
	Procedure A	Procedure B	
Voltage source connected to	Each phase successively	Each phase successively	Three phases simultaneously
Earth-connected elements	Both the other phases and all the parts earthed in service	Both the other phases	All the parts earthed in service
Minimum pre-stress voltage	$1,3 U_r$	$1,3 U_r$	$1,3 U_r/\sqrt{3}$
Test voltage	$1,1 U_r$	$1,1 U_r$	$1,1 U_r/\sqrt{3}$
Basic diagram	 IEC 0935/14	 IEC 0936/14	 IEC 0937/14
Three-phase testing			
Voltage source connected to	Three phases (Figures BB.1 and BB.2)		
Earth-connected elements	All the parts earthed in service		
Minimum pre-stress voltage	$1,3 U_r$ ¹		
Test voltage	$1,1 U_r$ ¹		
Basic diagram	 IEC 0938/14		
¹ Voltage between phases ² Additional test in the case of a system without solidly earthed neutral (for type tests only).			

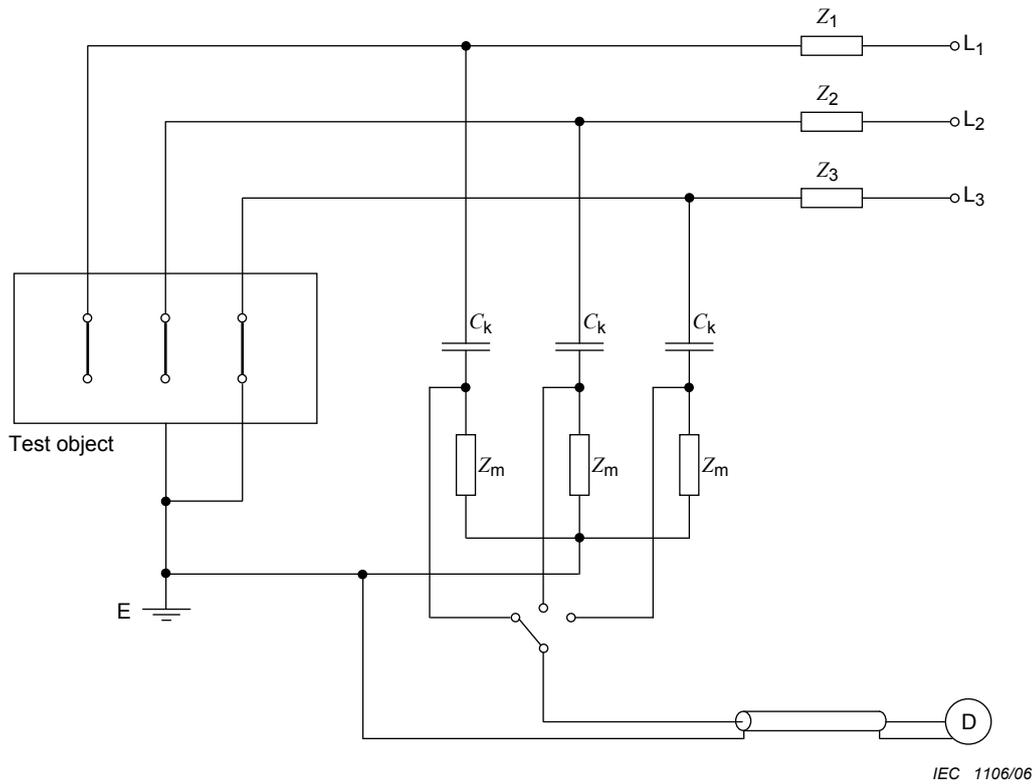


IEC 1105/06

Key

N	Neutral connection
E	Earth connection
L ₁ , L ₂ , L ₃	Terminals for the connection of the three-phase voltage source
Z ₁ , Z ₂ , Z ₃	Impedances of the test circuit
C _k	Coupling capacitor
Z _m	Measuring impedance
D	Partial discharge detector

Figure BB.1 – Partial discharge test circuit (three-phase arrangement)



Key

- E Earth connection
- L_1, L_2, L_3 Terminals for the connection of the three-phase voltage source
- Z_1, Z_2, Z_3 Impedances of the test circuit
- C_k Coupling capacitor
- Z_m Measuring impedance
- D Partial discharge detector

Figure BB.2 – Partial discharge test circuit (system without earthed neutral)

Annex CC
(informative)

Regional deviations

5.104 In some countries, regulations require that the isolating distance is visible.

Annex DD (normative)

Humidity test

DD.1 General

The object of the humidity test is to prove that the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is safe when touched on the accessible surface of the solid insulating enclosure, not only in a dry state but also with condensation and light pollution.

Under normal service conditions the ambient air is not materially polluted. This statement does not exclude, however, the possibility of a certain degree of pollution occurring in the course of time, depending on the frequency and quality of cleaning and reconditioning of the solid insulating surfaces.

This humidity test does not cover the security requirements relating to other influencing factors, although the philosophy of this test may serve as a base for an ageing test in connection with reliability in general.

The solid-insulation enclosed switchgear and controlgear is exposed to a certain number of identical humidity and temperature cycles in a test chamber, in which the humidity is generated by fog formed from conductive water. During this test an a.c. power-frequency voltage is continuously applied to the test object.

DD.2 Test procedure and test conditions

DD.2.1 Test cycle and its duration

The test cycle should be chosen so that all the surfaces of the test object are wet during about half of its duration and dry during the other half. To obtain this result the test cycle consists of a period with a low air temperature (T_{\min}) and a period with a high air temperature (T_{\max}) inside the test chamber. Both periods shall be equal in time and the generation of fog shall be maintained for the first half of the test cycle. The temperature variation between the two periods shall be (10 ± 2) K. The value of the low air temperature (T_{\min}) shall be approximately equal to the ambient air temperature outside the test chamber (see Figure DD.1).

The beginning of fog generation (t_0) coincides in principle with the beginning of the low air temperature period. However, to wet the vertical surfaces of materials with a high thermal time constant, it may be necessary to start the fog generation later within the low air temperature period.

The duration of the test cycle depends on the thermal characteristics of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear and shall be sufficiently long both at high and low temperatures to cause wetting or drying of all the solid insulating surfaces.

Preliminary cycles shall be carried out with the test object placed in the test chamber in order to observe and to check these conditions.

The temperature and the relative humidity of the air in the test chamber shall be measured in the immediate vicinity of the solid insulating enclosure and shall be recorded for the whole duration of the test.

NOTE In order to achieve the required conditions, a duration of the test cycle of 8 h is generally satisfactory.

DD.2.2 Generation of fog

The fog is obtained by the continuous or periodical atomizing of 0,2 dm³ to 0,5 dm³ conductive water per hour and per cubic metre of test chamber volume. The resistivity of the water shall be 30 Ωm with a tolerance of ±10 % (equivalent to a conductivity of 0,033 S/m) at the lower value of the test-cycle temperature.

The diameter of the droplets shall be less than 10 μm. Such a fog may be achieved by mechanical atomizers situated at the bottom of the test chamber and directed upwards in such a manner that the solid insulating surfaces of the test object will not be sprayed direct. No water shall drop from the ceiling upon the test object.

During the fog generation the test chamber shall be closed and no additional forced air-circulation is permitted.

For the adjustment of the conductivity of the water, sodium chloride (NaCl) is added to distilled water. If a suitable supply of tap water is available, it may also be used.

NOTE 1 The relation between conductivity of the water and its temperature is given in IEC 60060-1.

NOTE 2 The method for measuring the conductivity is given in IEC 60507, refer to [14] of bibliography.

DD.2.3 High air temperature period

The high air temperature is achieved with the aid of a heater in combination with forced air-circulation inside the test chamber. This forced circulation shall not be directed at the test object.

DD.2.4 Test chamber

A proposal for an appropriate test chamber with thin walls is made in Figure DD.2.

The volume of the test chamber shall be at least five times the circumscribed volume of the test object. The test chamber shall not be higher than 2,5 m and the base dimensions shall ensure that the test object placed on the bottom will have a minimum distance from the wall of 0,15 m and from the atomizer of 0,5 m.

No special requirements are stated for the wall materials of the test chamber. However, materials having a high heat conductivity and a low thermal inertia are recommended because in this case the transition periods between wetting and drying and between drying and wetting will not significantly influence the time during which the solid insulating surfaces of the test object are wet.

If the walls do not meet these conditions, special measures should be taken to ensure that the period during which the solid insulating surfaces are wet is approximately equal to half the duration of one test cycle.

DD.2.5 Test object

The solid-insulation enclosed switchgear and controlgear to be tested shall be in a new condition with its outside solid insulating surfaces clean. It shall be mounted in the test chamber in its usual upright position, complete with all solid insulating parts and the continuity

of the main circuit ensured. Precautions shall be taken to ensure that no deposit of water accumulates inside the solid insulating enclosure during the test.

DD.2.6 Test voltage and voltage supply

During the humidity test the following power-frequency voltages shall be continuously applied to the main circuit of the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear:

- U_r between phases;
- $U_r/\sqrt{3}$ between phase and earth.

DD.2.7 Total test duration

The total duration during which the surfaces are wet shall be 120 h. Normally, the period of fog generation equals the period of wet surfaces which shall be approximately equal to half the duration of one test cycle; thus the total duration of the humidity test will be a minimum of 240 h.

If during the preliminary cycles a considerable difference is observed between the period of fog generation and the corresponding period during which the surfaces are wet, the test shall be based on the total duration during which the solid insulating surfaces are wet.

DD.3 Test criteria and evaluation

DD.3.1 Criterion during the test

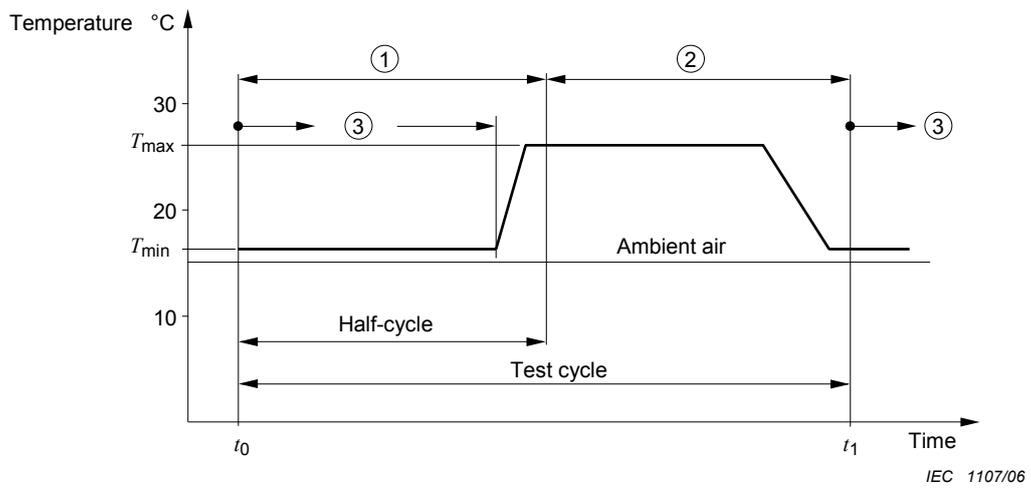
During the total duration of the humidity test, no flash-over shall occur either between phases or between phase and earth.

DD.3.2 Criterion after the test

The humidity test shall be followed, without any cleaning, by a supplementary test cycle. During the wet surface period, the leakage current shall be measured in accordance with 6.104.3. The leakage current to earth through the metal foil at any accessible place and at any time of this period shall not exceed 0,5 mA. Further supplementary test cycles may be carried out in order to verify the value of the leakage current with the metal foil attached to different places of the accessible surfaces.

DD.3.3 Evaluation of the test

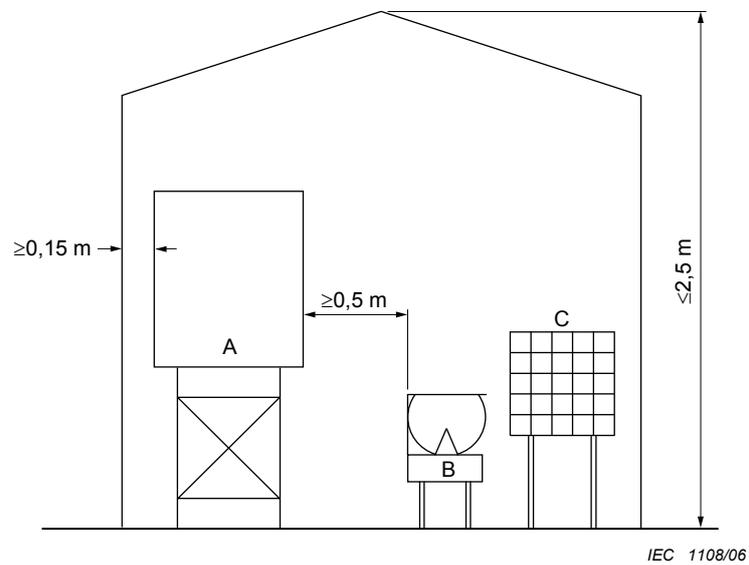
If the criteria in DD.3.1 and DD.3.2 are met, the solid-insulation enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have passed the humidity test.



Key

- 1 wet surface period
- 2 dry surface period
- 3 fog generation

Figure DD.1 – Test cycle



Key

- A test object
- B atomizer
- C radiator

Figure DD.2 – Test chamber

Annex EE (informative)

Protection categories

EE.1 Protection category PA

Protection category PA has the following three different basic arrangements:

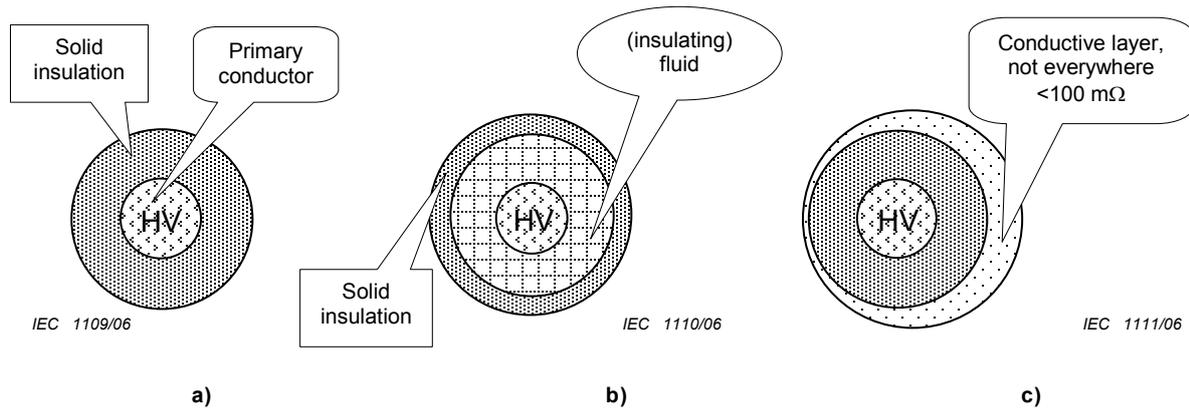


Figure EE.1 – Possible designs for protection category PA

Description of the different designs represented in Figure EE.1:

- a) The solid insulation itself fulfils the requirements from items a), b), c) and d) of 5.102.3.
To be tested with 100 cm² metal foil at most unfavourable places: power-frequency voltage test and lightning impulse voltage test (6.104.2a)).
- b) The insulation fulfils the requirements from items a) and d) of 5.102.3.
To be tested with 100 cm² metal foil at most unfavourable places: power-frequency voltage test and lightning impulse voltage test (6.104.2a)).
The solid insulation fulfils the requirements of 5.102.3b).
Sample to be tested at power-frequency voltage test (6.104.2b)).
The fluid insulation fulfils the requirements of 5.102.3c).
To be tested with 150 % U_r for 1 min to the inside of the solid insulation (6.104.2c)).
- c) Same as for a) in Figure EE.1

EE.2 Protection category PB

Protection category PB has the following three different basic arrangements:

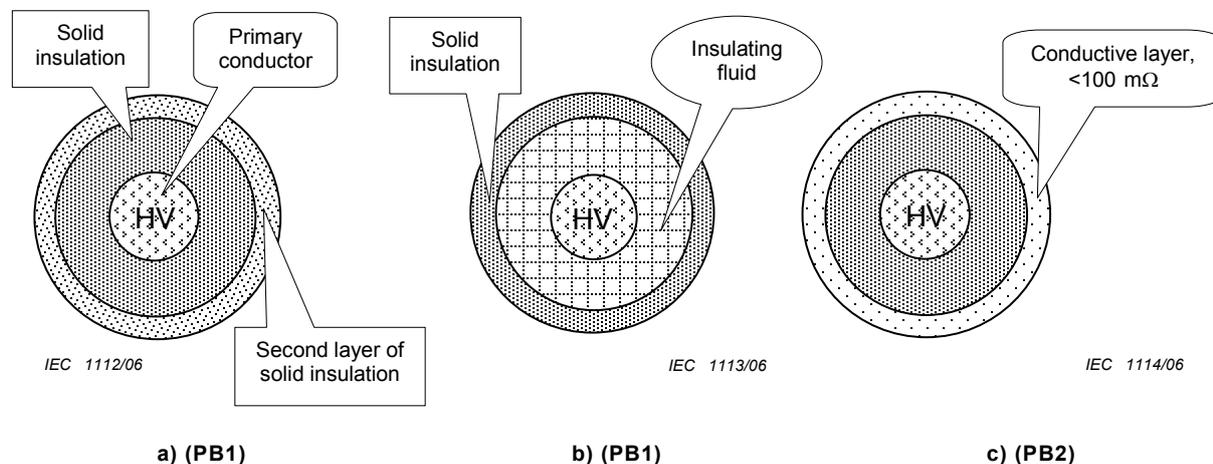


Figure EE.2 – Possible designs for protection category PB

Apart from the demands for protection category PA, the following extra demands apply for the protection category PB defined in Figure EE.2:

PB1:

- The second layer of solid insulating material fulfils the requirements of 5.102.3e). To be separately tested with 100 cm² metal foil at 150 % U_r for 1 min (6.104.2d)).
- The insulation fulfils the requirements from 5.102.3f). To be tested with ambient air instead of insulating fluid, with 100 cm² metal foil at the inside at 150 % U_r for 1 min (6.104.2d)).

PB2:

- The conductive layer fulfils the requirements in 5.102.3g). Resistance to be tested according to 6.4.101.

Annex FF (informative)

List of symbols and abbreviations used in IEC 62271-201

Description	Symbol	Clause
Alarm level for insulation	p_{ae}	3.6.5.3*
Arc fault current and duration	I_A, t_A	4.101.4
Category LSC1 functional unit	LSC1	3.134.2
Category LSC2 functional units	LSC2	3.134.1
Functional unit of category LSC2A	LSC2A	3.134.1.1
Functional unit of category LSC2B	LSC2B	3.134.1.2
Internal arc classification	IAC	3.135
Loss of Service Continuity category	LSC	3.134
Minimum functional level for insulation	p_{me}	3.6.5.4*
Partition class	PI	3.111
Protection category PA	PA	3.140.1
Protection category PB	PB	3.140.2
Protection category PB1	PB1	3.140.2
Protection category PB2	PB2	3.140.2
Rated continuous current	I_r	4.4.1
Rated d.c. cable test voltage	$U_{ct} \text{ (d.c.)}$	4.102.3
Rated duration of phase to earth short circuit	t_{ke}	4.7.102
Rated duration of short circuit	t_k	4.7.101
Rated filling level for insulation	p_{re}	4.10
Rated frequency	f_r	4.3
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	4.2
Rated peak phase to earth withstand current	I_{pe}	4.6.102
Rated peak withstand current	I_p	4.6.101
Rated power frequency withstand voltage	U_d	4.2
Rated power-frequency cable test voltage	$U_{ct} \text{ (a.c.)}$	4.102.2
Rated short-time phase to earth withstand current	I_{ke}	4.5.102
Rated short-time withstand current	I_k	4.5.101
Rated supply frequency of operating devices and of auxiliary and control circuits	f_a	4.9
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits	U_a	4.8
Rated voltage	U_r	4.1
Single phase to earth arc fault current and duration	I_{Ae}, t_{Ae}	4.101.5
* Definition from IEC 62271-1		

Bibliography

- [1] IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*
 - [2] IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*
 - [3] IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*
 - [4] IEC 60243-1:2013, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*
 - [5] IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*
 - [6] IEC 60724:2000, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*
 - [7] IEC 60909-0:2001, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*
 - [8] IEC 61936-1:2010, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*
 - [9] IEC 62271-200:2011, *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*
 - [10] IEC 62271-4:2013, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF_6) and its mixtures*
 - [11] IEC/TS 62271-304:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 304: Design classes for indoor enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV to be used in severe climatic conditions*
 - [12] IEEE C37.20.7:2001, *IEEE Guide for Testing Medium-Voltage Metal-Enclosed Switchgear for Internal Arcing Faults*
 - [13] IEEE 400.2:2004, *IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)*
 - [14] EN 50187:1996, *Gas-filled compartments for a.c. switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	105
1 Généralités	107
1.1 Domaine d'application	107
1.2 Références normatives	107
2 Conditions de service normales et spéciales	108
3 Termes, définitions et abréviations	108
3.1 Termes et définitions	108
3.2 Index des définitions	117
4 Caractéristiques assignées	118
4.1 Tensions assignées (U_r)	119
4.1.2 Gamme II pour les tensions assignées supérieures à 245 kV	119
4.2 Niveau d'isolement assigné	119
4.3 Fréquence assignée (f_r)	119
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	119
4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)	119
4.4.2 Échauffement	119
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	119
4.5.101 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	120
4.5.102 Courant de courte durée admissible phase-terre assigné (I_{ke})	120
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	120
4.6.101 Courant de crête assigné admissible (I_p)	120
4.6.102 Courant phase-terre de crête assigné admissible (I_{pe})	120
4.7 Durée de court circuit assignée (t_k)	120
4.7.101 Durée de court circuit assignée (t_k)	120
4.7.102 Durée de court-circuit phase-terre assignée (t_{ke})	120
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	120
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	120
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	121
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre	121
4.101 Caractéristiques assignées de la classification arc interne (IAC)	121
4.101.1 Généralités	121
4.101.2 Types d'accessibilité	121
4.101.3 Faces classifiées	121
4.101.4 Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae})	121
4.101.5 Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})	122
4.102 Tensions d'essai assignées des câbles	122
4.102.1 Généralités	122
4.102.2 Tension d'essai des câbles à fréquence industrielle assignée U_{ct} (courant alternatif)	122
4.102.3 Tension continue d'essai des câbles assignée U_{ct} (courant continu)	122
5 Conception et construction	122
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	123
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	123

5.3	Raccordement à la terre de l'appareillage	123
5.3.101	Mise à la terre des parties conductrices à haute tension	123
5.3.102	Mise à la terre de l'enveloppe	123
5.3.103	Mise à la terre des appareils de mise à la terre.....	124
5.3.104	Mise à la terre des parties débrochables et amovibles	124
5.3.105	Circuit de terre.....	124
5.4	Équipements auxiliaires et de commande	124
5.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	124
5.6	Manœuvre à accumulation d'énergie.....	124
5.7	Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique).....	125
5.8	Fonctionnement des déclencheurs	125
5.9	Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	125
5.10	Plaques signalétiques	125
5.11	Dispositifs de verrouillages	127
5.12	Indicateur de position.....	128
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes	128
5.13.1	Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et protection du matériel contre la pénétration de corps solides étrangers (codification IP)	128
5.13.2	Protection contre la pénétration d'eau (codification IP)	128
5.13.3	Protection du matériel contre les impacts mécaniques dans les conditions normales de service (codification IK)	128
5.14	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	128
5.15	Étanchéité au gaz et au vide	128
5.16	Étanchéité au liquide	128
5.17	Risque de feu (Inflammabilité).....	128
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	128
5.19	Émission de rayons X	128
5.20	Corrosion	129
5.101	Défaut d'arc interne.....	129
5.102	Enveloppe isolante solide	129
5.102.1	Généralités	129
5.102.2	Catégorie de protection de l'enveloppe isolante solide contre les chocs électriques	130
5.102.3	Exigences pour les catégories de protection	130
5.102.4	Capots et portes	131
5.102.5	Cloisons ou volets faisant partie de l'enveloppe.....	132
5.102.6	Regards.....	132
5.102.7	Orifices de ventilation et d'échappement des gaz	132
5.103	Compartiments à haute tension.....	132
5.103.1	Généralités	132
5.103.2	Compartiments à remplissage de fluide (gaz ou liquide)	133
5.103.3	Cloisons et volets	134
5.104	Parties amovibles	135
5.105	Dispositions pour les essais diélectriques des câbles	136
6	Essais de type	136
6.1	Généralités	136
6.1.1	Groupement des essais	137

6.1.2	Informations pour l'identification des échantillons d'essai.....	137
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essai de type	137
6.2	Essais diélectriques	137
6.2.1	Conditions de l'air ambiant pendant les essais.....	137
6.2.2	Modalités des essais sous pluie.....	138
6.2.3	État de l'appareillage pendant les essais diélectriques	138
6.2.4	Critères de réussite des essais	138
6.2.5	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	138
6.2.6	Essais de l'appareillage de $U_T \leq 245$ kV.....	139
6.2.7	Essais de l'appareillage de $U_T > 245$ kV.....	140
6.2.8	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur.....	140
6.2.9	Essais de décharges partielles	140
6.2.10	Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande	141
6.2.11	Essai de tension comme essai de vérification d'état	141
6.2.101	Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles	141
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	142
6.4	Mesurage de la résistance des circuits.....	142
6.4.1	Circuit principal.....	142
6.4.2	Circuits auxiliaires	142
6.4.101	Exigences pour la catégorie de protection PB2	142
6.5	Essais d'échauffement	142
6.5.1	États de l'appareillage à soumettre aux essais	143
6.5.2	Disposition de l'appareil.....	143
6.5.3	Mesurage de la température et de l'échauffement.....	143
6.5.4	Température de l'air ambiant	143
6.5.5	Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande.....	143
6.5.6	Interprétation des essais d'échauffement.....	143
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	143
6.6.1	Disposition de l'appareillage et du circuit d'essai	144
6.6.2	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	145
6.6.3	Comportement de l'appareillage au cours de l'essai	145
6.6.4	État de l'appareillage après l'essai	145
6.7	Vérification de la protection.....	145
6.7.1	Vérification de la codification IP.....	145
6.7.2	Vérification de la codification IK.....	145
6.8	Essais d'étanchéité	145
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	145
6.10	Essais diélectriques supplémentaires des circuits auxiliaires et de commande	145
6.10.1	Généralités	145
6.10.2	Essais fonctionnels.....	146
6.10.3	Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre.....	146
6.10.4	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires	146
6.10.5	Essais d'environnement.....	146
6.10.6	Essai diélectrique	146

6.11	Procédures d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	146
6.101	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	146
6.101.1	Généralités	146
6.101.2	Exigences d'essai pour les appareils de connexion principaux	147
6.101.3	Exigences d'essai pour la fonction de mise à la terre	147
6.102	Essais de fonctionnement mécanique	148
6.102.1	Appareils de connexion et parties amovibles	148
6.102.2	Verrouillages	148
6.103	Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz	149
6.103.1	Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz avec limiteurs de pression	149
6.103.2	Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz sans limiteurs de pression	150
6.104	Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques	150
6.104.1	Généralités	150
6.104.2	Essais diélectriques	150
6.104.3	Mesurage des courants de fuite	151
6.105	Essais d'arc dû à un défaut interne	151
6.105.1	Généralités	151
6.105.2	Conditions d'essai	152
6.105.3	Disposition de l'appareil	152
6.105.4	Procédure d'essai	153
6.105.5	Critères de réussite de l'essai	153
6.105.6	Rapport d'essai	154
6.105.7	Extension des résultats d'essai	154
6.106	Essai de stabilité thermique	155
6.107	Essai d'humidité	155
7	Essais individuels de série	155
7.1	Essai diélectrique du circuit principal	156
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande	156
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	156
7.4	Essai d'étanchéité	157
7.5	Contrôles visuels et du modèle	157
7.101	Essai de décharges partielles	157
7.102	Essais de fonctionnement mécanique	157
7.103	Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz	157
7.104	Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	158
7.105	Essais après montage sur le site	158
7.106	Mesurage de l'état du fluide après remplissage sur le site	158
8	Guide pour le choix de l'appareillage	158
8.101	Généralités	158
8.102	Choix des caractéristiques assignées	159
8.103	Choix du modèle et de sa construction	159
8.103.1	Généralités	159
8.103.2	Architecture et accessibilité aux compartiments à haute tension	160
8.103.3	Continuité de service de l'appareillage	161

8.103.4	Classes de cloisonnement	163
8.104	Défaut d'arc interne.....	163
8.104.1	Généralités	163
8.104.2	Causes et mesures préventives	164
8.104.3	Mesures de protection supplémentaires	164
8.104.4	Considérations relatives au choix et à l'installation	165
8.104.5	Essai d'arc interne	166
8.104.6	Classification IAC	166
8.105	Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels.....	167
8.106	Caractéristiques assignées des circuits de terre	169
8.107	Caractéristiques assignées relatives aux essais des câbles	170
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	170
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	170
9.2	Renseignements pour les soumissions.....	171
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance.....	172
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	172
10.2	Installation	172
10.2.3	Montage	172
10.3	Fonctionnement	172
10.4	Maintenance	172
11	Sécurité.....	172
11.101	Procédures	172
11.102	Aspects liés à un arc dû à un défaut interne.....	173
12	Influence du produit sur l'environnement	173
Annexe AA (normative) Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classification arc interne (IAC)		174
AA.1	Local d'essai.....	174
AA.2	Indicateurs (pour évaluer l'effet thermique des gaz)	176
AA.2.1	Généralités	176
AA.2.2	Disposition des indicateurs	176
AA.3	Tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai	177
AA.4	Paramètres d'essai	177
AA.4.1	Généralités	177
AA.4.2	Tension	177
AA.4.3	Courant	178
AA.4.4	Fréquence	178
AA.5	Procédure d'essai	179
AA.5.1	Circuit d'alimentation	179
AA.5.2	Amorçage de l'arc.....	179
Annexe BB (normative) Mesurage des décharges partielles.....		186
BB.1	Généralités	186
BB.2	Application.....	186
BB.3	Circuits d'essai et instruments de mesure	186
BB.4	Procédure d'essai	187
Annexe CC (informative) Divergences régionales		191
Annexe DD (normative) Essai d'humidité		192

DD.1	Généralités	192
DD.2	Procédure d'essai et conditions d'essai.....	192
DD.2.1	Cycle d'essai et durée de ce cycle	192
DD.2.2	Génération de brouillard	193
DD.2.3	Période de température élevée de l'air	193
DD.2.4	Chambre d'essai.....	193
DD.2.5	Objet en essai	194
DD.2.6	Tension d'essai et tension d'alimentation.....	194
DD.2.7	Durée totale de l'essai	194
DD.3	Critères d'essais et évaluation	194
DD.3.1	Critère pendant l'essai.....	194
DD.3.2	Critère après l'essai.....	194
DD.3.3	Évaluation de l'essai.....	194
Annexe EE (informative) Catégories de protection		196
EE.1	Catégorie de protection PA	196
EE.2	Catégorie de protection PB	197
Annexe FF (informative) Liste des symboles et abréviations utilisés dans l'IEC 62271-201		198
Bibliographie.....		199
Figure 101 – LSC1.....		163
Figure 102 – LSC2.....		163
Figure 103 – LSC2.....		163
Figure 104 – LSC2A		163
Figure 105 – LSC2B		163
Figure 106 – LSC2B		163
Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux.....		182
Figure AA.2 – Indicateur horizontal.....		182
Figure AA.3 – Position des indicateurs.....		183
Figure AA.4 – Simulation du local et position des indicateurs pour le type d'accessibilité A, face arrière classifiée, unité fonctionnelle de toute hauteur		184
Figure AA.5 – Hauteur de plafond indiquée à partir du plancher ou du niveau du faux plancher où est installé réellement l'appareillage		185
Figure BB.1 – Circuit d'essai de décharges partielles (montage triphasé)		189
Figure BB.2 – Circuit d'essai de décharges partielles (système sans mise à la terre du neutre).....		190
Figure DD.1 – Cycle d'essai.....		195
Figure DD.2 – Chambre d'essai		195
Figure EE.1 – Configurations possibles pour la catégorie de protection PA.....		196
Figure EE.2 – Configurations possibles pour la catégorie de protection PB.....		197
Tableau 101 – Information pour la plaque signalétique		126
Tableau 102 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défauts d'arc interne		164
Tableau 103 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau.....		167

Tableau 104 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide	168
Tableau AA.1 – Paramètres de l'essai de défaut d'arc interne en fonction de la construction du compartiment	181
Tableau BB.1 – Circuits et méthodes d'essai	188

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide
pour courant alternatif de tensions assignées supérieures
à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62271-201 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) outre la mise à jour de la deuxième édition de l'IEC 62271-200 (parue en 2011), les définitions, classifications et procédures d'essai ont été spécifiées de manière plus précise;

- b) l'accès aux appareillages sous enveloppe isolante solide est désormais limité au seul personnel autorisé. Ceci signifie la suppression de la "classe d'accessibilité B" (accès par le public) dans l'ensemble du document;
- c) le terme "catégorie de protection" a été introduit afin de remplacer le terme "classe de protection" (PA, PB1 et PB2).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/594FDIS	17C/597/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/IEC, Partie 2.

Il convient de lire cette norme en conjonction avec l'IEC 62271-1:2007 et son Amendement 1:2011 à laquelle elle se réfère et qui est applicable sauf indication contraire. Afin de simplifier l'indication des exigences correspondantes, la numérotation des articles et paragraphes utilisée est la même que celle de l'IEC 62271-1. Les amendements à ces articles et paragraphes reprennent la même numérotation, et les paragraphes supplémentaires sont numérotés à partir de 101.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe CC énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62271, publiées sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 spécifie les exigences pour l'appareillage préfabriqué sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif, prévu pour être installé à l'intérieur, pour des tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

L'accès aux appareillages est limité au personnel autorisé.

NOTE 1 Pour l'utilisation du présent document, la haute tension (IEC 60050-601:1985, 601-01-27) est la tension assignée supérieure à 1 000 V. Cependant, le terme "moyenne tension" (IEC 60050-601:1985, 601-01-28) est communément utilisé pour les réseaux de distribution avec des tensions supérieures à 1 kV, et est généralement appliqué pour des tensions inférieures ou égales à 52 kV; se reporter à [1] de la Bibliographie.

NOTE 2 Bien que principalement dédiée aux systèmes triphasés, la présente norme peut également être appliquée aux systèmes monophasés ou biphasés.

Les enveloppes peuvent contenir des composants fixes et amovibles et peuvent être remplies de fluide (liquide ou gaz) pour assurer une isolation supplémentaire. Pour les appareillages contenant des compartiments à remplissage de gaz, la pression de calcul est limitée à une pression maximale de 300 kPa (pression relative).

L'utilisateur peut toucher l'appareillage sous enveloppe isolante solide, conforme à la présente norme, lorsqu'il est sous tension.

L'appareillage sous enveloppe isolante solide destiné à une utilisation spéciale, par exemple, dans des atmosphères inflammables, dans les mines ou à bord des navires, peut faire l'objet d'exigences complémentaires.

Les composants compris dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide sont conçus et soumis à essai conformément à leurs différentes normes respectives. La présente norme complète les normes des composants spécifiques, concernant leur installation dans les ensembles d'appareillages.

La présente norme n'interdit pas que d'autres équipements puissent être incorporés dans la même enveloppe. Dans de tels cas, il convient de tenir compte de l'influence de cet équipement sur l'appareillage.

NOTE 3 Les ensembles d'appareillages ayant une enveloppe métallique relèvent de l'IEC 62271-200, se reporter à [9] de la Bibliographie.

1.2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)* (disponible sous www.electropedia.org)

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*
Amendement 1:2011

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

IEC 62271-102:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*
Amendement 1:2011
Amendement 2:2013

IEC 62271-103:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 103: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-105:2012, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus*

IEC 62271-106:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 106: Contacteurs, combinés de démarrage à contacteurs et démarreurs de moteurs, pour courant alternatif*

Guide ISO/IEC 51:1999, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

2 Conditions de service normales et spéciales

L'Article 2 de l'IEC 62271-1:2007 s'applique, avec le complément suivant.

Sauf spécification contraire dans la présente norme, l'appareillage sous enveloppe isolante solide est prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service pour l'intérieur.

L'appareillage sous enveloppe isolante solide, au sens du domaine d'application de l'IEC/TS 62271-304 et destiné à être utilisé dans des conditions de service plus sévères eu égard à la condensation et la pollution que les conditions de service normales de la présente norme, peut être classé dans une «classe de conception» 1 ou 2 conformément à l'IEC/TS 62271-304 afin de démontrer son aptitude à résister à ces conditions sévères.

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la IEC 60050-151, l'IEC 60050-441 et l'IEC 62271-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Les définitions supplémentaires sont classées de manière à être alignées sur le système de classification utilisé dans l'IEC 60050-441.

3.101

appareillage

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondants

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-01]

3.102

ensemble (d'appareillage de connexion et de commande)

combinaison d'appareillage de connexion ou de commande complètement assemblé avec toutes les liaisons électriques et mécaniques internes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-01]

3.103

appareillage sous enveloppe isolante solide

ensemble d'appareillage, avec une enveloppe isolante solide externe, entièrement terminé à l'exception des connexions extérieures

Note 1 à l'article: L'isolation externe peut être fournie avec une couche (semi-) conductrice.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-12-06, modifiée – modification de la formulation]

3.104

unité fonctionnelle (d'un ensemble)

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide comprenant tous les éléments des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction

Note 1 à l'article: Les unités fonctionnelles peuvent se différencier selon la fonction pour laquelle elles sont prévues, par exemple, unité d'arrivée, unité de départ, etc.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-04, modifiée – modification de la formulation]

3.105

conception à niveaux multiples

conception d'appareillage sous enveloppe métallique dans laquelle les appareils de connexion principaux de deux unités fonctionnelles ou plus, sont disposés verticalement (l'un au-dessus de l'autre) dans une enveloppe unique

3.106

unité de transport

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide pouvant être transportée sans être démontée

3.107

enveloppe isolante solide

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide procurant un degré de protection spécifié du matériel contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre les chocs électriques en limitant l'approche des parties actives ou le contact avec elles ou contre le contact avec des pièces en mouvement

Note 1 à l'article: La partie principale de l'enveloppe est constituée d'un matériau isolant, et peut comporter des couches (semi-) conductrices

Note 2 à l'article: Si la résistance de l'enveloppe de l'appareillage au point de mise à la terre est partout inférieure ou égale à 100 mΩ, l'IEC 62271-200 est applicable.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modifiée – modification de la formulation]

3.108

compartiment à haute tension

compartiment d'un appareillage sous enveloppe isolante solide contenant des parties conductrices haute tension, fermé à l'exception des ouvertures nécessaires aux interconnexions, à la commande ou à la ventilation

Note 1 à l'article: Une définition générale du terme "compartiment" est fournie par l'IEC 60050-441:1984, 441-13-05, comme "une partie fermée d'un ensemble à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions, à la commande ou à la ventilation".

Note 2 à l'article: Un compartiment peut contenir des barrières, structures ou composants destinés à fournir diverses fonctions, telles que mécaniques ou diélectriques, mais non à être utilisés comme une cloison ou une enveloppe.

Note 3 à l'article: Les compartiments à haute tension sont identifiés par le ou les composants principaux qu'ils contiennent (se reporter au 5.103.1).

NOTE 4 à l'article: Quatre types de compartiments à haute tension sont différenciés, trois qui peuvent être ouverts, appelés accessibles (voir 3.108.1 à 3.108.3) et un qui ne peut pas être ouvert, appelé non accessible (voir 3.108.4)

3.108.1

compartiment accessible contrôlé par verrouillage

compartiment à haute tension, destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normales, comme cela est défini par le constructeur, dont le contrôle d'ouverture fait partie intégrante de la conception de l'appareillage

Note 1 à l'article: L'installation, les extensions, les réparations, etc. ne sont pas considérées comme de la maintenance normale.

3.108.2

compartiment accessible selon procédure

compartiment à haute tension, destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normales, comme cela est défini par le constructeur, dont le contrôle d'ouverture est assuré par une procédure adaptée combinée à un verrouillage

Note 1 à l'article: L'installation, les extensions, les réparations, etc. ne sont pas considérées comme de la maintenance normale.

3.108.3

compartiment accessible par outillage

compartiment à haute tension qui peut être ouvert, uniquement avec l'utilisation d'outils, mais dont l'ouverture n'est pas prévue pour l'utilisation et pour la maintenance normales

Note 1 à l'article: Le compartiment accessible par outillage fait l'objet de procédures particulières.

3.108.4

compartiment non accessible

compartiment haute tension qui ne doit pas être ouvert

Note 1 à l'article: L'ouverture peut détruire l'intégrité du compartiment.

3.109

compartiment connexions

compartiment à haute tension dans lequel les connexions électriques sont réalisées entre le circuit principal de l'ensemble d'appareillage et les conducteurs externes (câble ou jeux de barres) vers le réseau électrique ou l'appareil haute tension de l'installation

Note 1 à l'article: Un compartiment connexions n'est pas nécessaire pour un appareillage sous enveloppe isolante solide s'il est possible de toucher la connexion externe sans danger.

3.110

cloison

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide séparant un compartiment à haute tension des autres compartiments et assurant un degré de protection spécifié

Note 1 à l'article: Les volets mobiles à vocation de protection peuvent devenir partie intégrante de la cloison.

Note 2 à l'article: Les cloisons peuvent comporter des parties permettant une interconnexion entre les compartiments (par exemple, traversées).

Note 3 à l'article: La seule classe de cloison prise en considération dans la présente norme est définie en 3.111. Cet article séparé est introduit afin de maintenir la structure similaire aux articles correspondants dans l'IEC 62271-200.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-06, modifiée – modification de la formulation]

3.111

classe de cloisonnement PI

appareillage sous enveloppe isolante solide dans lequel il y a une ou plusieurs cloisons ou volets non métalliques entre les compartiments accessibles ouverts et les parties du circuit principal sous tension

3.112

volet

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide qui peut être déplacée d'une position dans laquelle elle permet l'embrochage des contacts d'une partie amovible ou le contact mobile d'un sectionneur sur des contacts fixes à une position dans laquelle elle constitue une partie de l'enveloppe isolante solide ou d'une cloison protégeant les contacts fixes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-07, modifiée – modification de la formulation]

3.113

cloisonnement métallique (entre conducteurs)

disposition de conducteurs avec interposition d'éléments métalliques mis à la terre de telle sorte que des décharges disruptives ne puissent s'écouler qu'à la terre

Note 1 à l'article: On peut prévoir un cloisonnement métallique aussi bien entre les conducteurs qu'entre les contacts ouverts d'un appareil de connexion ou d'un sectionneur.

Note 2 à l'article: Cette définition ne spécifie aucune protection mécanique (IP ou IK).

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-11-11, modifiée – nouvelles notes]

3.114

traversée

dispositif servant à conduire un ou plusieurs conducteurs à travers une enveloppe ou une cloison, et à isoler les conducteurs de celle-ci, y compris les moyens de fixation

3.115

composant

partie essentielle du circuit principal ou du circuit de terre de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, qui possède une fonction spécifique (par exemple, disjoncteur, sectionneur, interrupteur, fusible, transformateur de mesure, traversée, jeu de barres)

3.116

composant enrobé de matériau isolant solide

composant dont les parties actives sont intégralement entourées d'un matériau isolant solide, à l'exception des bornes, des interfaces pour les mécanismes d'entraînement et du câblage auxiliaire

Note 1 à l'article: L'isolation peut faire partie intégrante de l'enveloppe isolante solide.

3.117

circuit principal

toutes les parties conductrices à haute tension d'un appareillage sous enveloppe isolante solide comprises dans un circuit destiné à transporter le courant assigné en service continu

Note 1 à l'article: Les connexions aux transformateurs de tension ne sont pas considérées comme faisant partie intégrante du circuit principal.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modifiée – modification de la formulation et nouvelle note]

3.118

circuit de terre

conducteurs, connexions et parties conductrices des appareils de mise à la terre destinés à raccorder les parties conductrices à haute tension à la prise de terre de l'installation

3.119

circuit auxiliaire

toutes les pièces conductrices d'un appareillage sous enveloppe isolante solide insérées dans un circuit (autres que les parties haute tension) destinées à la commande, la mesure, la signalisation et la régulation

Note 1 à l'article: Les circuits auxiliaires d'un appareillage sous enveloppe isolante solide comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-03, modifiée – modification de la formulation]

3.120

limiteur de pression

dispositif destiné à limiter la pression dans un compartiment rempli de fluide

3.121

compartiment à remplissage de fluide

compartiment à haute tension d'un appareillage sous enveloppe isolante solide rempli d'un fluide, soit un gaz autre que l'air ambiant, soit un liquide, à des fins d'isolation

3.121.1

compartiment à remplissage de gaz

compartiment à haute tension d'un appareillage sous enveloppe isolante solide dans lequel la pression de gaz est maintenue par l'un des systèmes suivants:

- a) système à pression entretenue;
- b) système à pression autonome;
- c) système à pression scellé

Note 1 à l'article: Plusieurs compartiments à remplissage de gaz peuvent être connectés en permanence pour former un système de gaz commun (ensemble étanche au gaz).

Note 2 à l'article: Pour les systèmes de pression étanches au gaz, se référer à 3.6.5 et 3.6.6 de l'IEC 62271-1:2007.

[SOURCE: IEC 62271-1:2007, 3.6.6.1, modifiée – modification de la formulation]

3.121.2

compartiment à remplissage de liquide

compartiment à haute tension d'un appareillage sous enveloppe isolante solide dans lequel le liquide est à la pression atmosphérique ou sous une pression qui est maintenue de l'une des manières suivantes:

- a) système à pression entretenue;
- b) système à pression autonome;
- c) système à pression scellé

Note 1 à l'article: Pour les systèmes à pression, se reporter au 3.6.5 de l'IEC 62271-1:2007.

3.122**pression relative**

pression rapportée à la pression atmosphérique normalisée de 101,3 kPa

3.123**niveau minimal de fonctionnement** (des compartiments à remplissage de fluide)

pression de gaz (pression relative) en Pa (ou densité) ou masse de liquide, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sous enveloppe isolante solide sont conservées

3.124**niveau de calcul** (des compartiments à remplissage de fluide)

pression de gaz (pression relative) en Pa (ou densité) ou masse de liquide, retenue pour déterminer la conception d'un compartiment à remplissage de gaz ou masse pour un compartiment à remplissage de liquide

3.125**température de calcul** (des compartiments à remplissage de fluide)

température maximale pouvant être atteinte par le gaz ou le liquide dans les conditions de service

3.126**température de l'air ambiant** (de l'appareillage sous enveloppe isolante solide)

température, déterminée dans des conditions requises, de l'air qui entoure l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante solide

3.127**partie amovible**

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante solide connectée au circuit principal et qui peut être entièrement enlevée de l'appareillage sous enveloppe isolante solide et remise en place, même quand le circuit principal de l'unité fonctionnelle est sous tension

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-08, modifiée – modification de la formulation]

3.128**partie débrochable**

partie amovible d'un appareillage sous enveloppe isolante solide qui, tout en demeurant reliée mécaniquement à l'enveloppe, peut être déplacée jusqu'aux positions établissant une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique entre contacts ouverts

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-09, modifiée – modification de la formulation]

3.129**position de service****position raccordée**

position occupée par une partie amovible quand elle est entièrement connectée pour la fonction à laquelle elle est destinée

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-25]

3.130**position de mise à la terre** (d'une partie amovible)

position occupée par une partie amovible ou état d'un sectionneur dans lequel la fermeture d'un appareil mécanique de connexion provoque la mise en court-circuit et à la terre d'un circuit principal

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-26, modifiée – modification de la formulation]

3.131**position d'essai** (d'une partie débrochable)

position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi dans le circuit principal et dans laquelle les circuits auxiliaires sont raccordés

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-27]

3.132**position de sectionnement** (d'une partie débrochable)

position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement est établie ou un cloisonnement métallique est mis en place dans les circuits de la partie débrochable, cette partie restant mécaniquement reliée à l'enveloppe

Note 1 à l'article: Dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide à haute tension, les circuits auxiliaires peuvent ne pas être déconnectés.

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-28, modifiée – modification de la formulation]

3.133**position de retrait** (d'une partie amovible)

position d'une partie amovible quand elle est retirée et séparée mécaniquement et électriquement de l'enveloppe

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-16-29, modifiée – modification de la formulation]

3.134**catégorie de perte de continuité de service****LSC**

catégorie définissant les possibilités de maintenir sous tension d'autres compartiments et/ou unités fonctionnelles quand un compartiment à haute tension accessible est ouvert, le cas échéant, tel qu'indiqué dans les définitions 3.108.1 à 3.108.3

Note 1 à l'article: La catégorie LSC décrit dans quelle mesure l'appareillage est destiné à rester opérationnel dans le cas où l'accès à un compartiment du circuit principal est prévu. Le niveau jugé nécessaire pour l'ouverture de compartiments à haute tension avec l'installation sous tension peut dépendre de plusieurs aspects (se reporter au 8.103).

Note 2 à l'article: La catégorie LSC ne décrit pas de classement de l'appareillage selon la fiabilité (se reporter au 8.103).

Note 3 à l'article: Selon les compartiments accessibles et la continuité de service, quatre catégories sont possibles: LSC1, LSC2, LSC2A, LSC2B.

Note 4 à l'article: L'abréviation LSC est dérivée du terme anglais développé correspondant "loss of service continuity category".

3.134.1**unité fonctionnelle de catégorie LSC2**

unité fonctionnelle disposant d'au moins un compartiment accessible pour la connexion à haute tension, de sorte que, lorsque ce compartiment est ouvert, au moins un jeu de barres peut rester sous tension et toutes les autres unités fonctionnelles de l'appareillage peuvent fonctionner normalement

Note 1 à l'article: Lorsque les unités fonctionnelles LSC2 disposent de compartiments accessibles autres que le compartiment connexions, d'autres subdivisions en catégories LSC2A et LSC2B sont définies.

Note 2 à l'article: Un compartiment accessible pour la connexion à haute tension est appelé «compartiment connexions».

3.134.1.1**unité fonctionnelle de catégorie LSC2A**

unité fonctionnelle de catégorie LSC2, de sorte que, lorsqu'un compartiment accessible (autre que le compartiment jeu de barres pour l'appareillage à simple jeu de barres) est ouvert, au

moins un jeu de barres peut rester sous tension et toutes les autres unités fonctionnelles de l'appareillage peuvent fonctionner normalement

3.134.1.2

unité fonctionnelle de catégorie LSC2B

unité fonctionnelle de catégorie LSC2A, dans laquelle les connexions à haute tension (par exemple, les connexions de câble) à l'unité fonctionnelle peuvent rester sous tension lorsque tout autre compartiment à haute tension accessible de l'unité fonctionnelle correspondante est ouvert

3.134.2

unité fonctionnelle de catégorie LSC1

unité fonctionnelle disposant d'un ou de plusieurs compartiments à haute tension accessibles, de sorte que, lorsqu'un quelconque de ces compartiments à haute tension accessibles est ouvert, au moins une autre unité fonctionnelle ne peut rester sous tension

3.135

appareillage de classe arc interne

IAC

appareillage sous enveloppe isolante solide pour lequel les critères exigés de protection des personnes en cas d'arc interne sont atteints comme le prouvent les essais de type

Note 1 à l'article: Les caractéristiques données de 3.135.1 à 3.135.4 définissent la classification arc interne.

Note 2 à l'article: L'abréviation IAC est dérivée du terme anglais développé correspondant "internal arc classified switchgear and controlgear".

3.135.1

type d'accessibilité

caractéristique liée au niveau de protection assuré aux personnes ayant accès à une zone définie autour de l'enveloppe de l'appareillage

3.135.2

faces classifiées

caractéristique liée aux faces accessibles assurant un niveau défini de protection des personnes, procuré par l'enveloppe de l'appareillage en cas d'arc interne

3.135.3

courant de défaut d'arc

valeur efficace triphasée et, le cas échéant, monophasée phase-terre du courant de défaut d'arc interne pour laquelle l'appareillage est conçu pour protéger les personnes en cas d'arc interne

3.135.4

durée de défaut d'arc

durée du courant de défaut d'arc interne pour laquelle l'appareillage est conçu pour protéger les personnes en cas d'arc interne

3.136

degré de protection

niveau de protection procuré par une enveloppe, une cloison ou un volet le cas échéant, contre l'accès à des parties dangereuses, contre la pénétration de corps étrangers solides et/ou la pénétration d'eau et vérifié par des méthodes d'essai normalisées

[SOURCE: IEC 60529:1989, 3.3, modifiée – modification de la formulation]

3.137

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

Note 1 à l'article: Se reporter à l'Article 4 pour les valeurs assignées individuelles.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.138

décharge disruptive

phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

Note 1 à l'article: Ce terme s'applique aux décharges dans les diélectriques solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

Note 2 à l'article: Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation autorégénératrice).

Note 3 à l'article: Le terme «amorçage» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide. Le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un milieu gazeux ou liquide. Le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.139

choc électrique

effet physiologique résultant du passage d'un courant électrique à travers le corps humain ou celui d'un animal

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.140

catégorie de protection contre les chocs électriques

classe de protection des surfaces isolantes solides accessibles contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: Cette catégorie de protection contre les chocs électriques est traitée séparément du degré de protection, tel que défini en 3.136.

3.140.1

catégorie de protection PA

catégorie de protection contre les chocs électriques dans laquelle l'isolation est composée d'au moins une couche de matériau isolant solide

3.140.2

catégorie de protection PB

catégorie de protection contre les chocs électriques dans laquelle l'isolation est composée d'au moins une couche supplémentaire ajoutée à la couche de la catégorie de protection PA

Note 1 à l'article: Deux conceptions différentes pour la catégorie PB sont reconnues: PB1 et PB2.

Note 2 à l'article: La couche supplémentaire fait office de sécurité pour le contact, même si l'isolant de la catégorie de protection PA est endommagé.

3.140.2.1

catégorie de protection PB1

catégorie de protection contre les chocs électriques dans laquelle une couche d'isolation supplémentaire est ajoutée à l'isolation de catégorie PA

Note 1 à l'article: Une couche peut être composée d'un fluide isolant.

3.140.2.2

catégorie de protection PB2

catégorie de protection contre les chocs électriques dans laquelle une couche conductrice mise à la terre présentant une résistance inférieure à 100 mΩ est ajoutée à l'isolant de la catégorie PA

Note 1 à l'article: La résistance inférieure à 100 mΩ est définie entre les points accessibles de cette couche conductrice au point de mise à la terre.

3.2 Index des définitions

	A	
appareillage		3.101
appareillage de classe arc interne IAC		3.135
appareillage sous enveloppe isolante solide		3.103
	C & D	
catégorie de perte de continuité de service LSC		3.134
catégorie de protection contre les chocs électriques		3.140
catégorie de protection PA		3.140.1
catégorie de protection PB		3.140.2
catégorie de protection PB1		3.140.2.1
catégorie de protection PB2		3.140.2.2
choc électrique		3.139
circuit auxiliaire		3.119
circuit de terre		3.118
circuit principal		3.117
classe de cloisonnement PI		3.111
cloison		3.110
cloisonnement métallique		3.113
compartiment à haute tension		3.108
compartiment à remplissage de fluide		3.121
compartiment à remplissage de gaz		3.121.1
compartiment à remplissage de liquide		3.121.2
compartiment accessible contrôlé par verrouillage		3.108.1
compartiment accessible par outillage		3.108.3
compartiment accessible selon procédure		3.108.2
compartiment connexions		3.109
compartiment non accessible		3.108.4
composant		3.115
composant enrobé de matériau isolant solide		3.116
conception à niveaux multiples		3.105
courant de défaut d'arc		3.135.3
décharge disruptive		3.138
degré de protection		3.136
durée de défaut d'arc		3.135.4
	E & F	
ensemble		3.102
enveloppe isolante solide		3.107

faces classifiées		3.135.2
	L, M & N	
limiteur de pression		3.120
LSC2A		3.134.1.1
LSC2B		3.134.1.2
niveau de calcul		3.124
niveau minimal de fonctionnement		3.123
	P	
partie amovible		3.127
partie débrochable		3.128
position de mise à la terre		3.130
position de retrait		3.133
position de sectionnement		3.132
position de service		3.129
position d'essai		3.131
pression relative		3.122
	T, U & V	
température de calcul		3.125
température de l'air ambiant		3.126
traversée		3.114
type d'accessibilité		3.135.1
unité de transport		3.106
unité fonctionnelle		3.104
unité fonctionnelle de catégorie LSC1		3.134.2
unité fonctionnelle de catégorie LSC2		3.134.1
valeur assignée		3.137
volet		3.112

4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

Les caractéristiques assignées d'un appareillage sous enveloppe isolante solide sont les suivantes:

- tension assignée (U_r) et nombre de phases;
- niveau d'isolement assigné;
- fréquence assignée (f_r);
- courant assigné (I_r) en service continu (pour les circuits principaux);
- courant de courte durée admissible assigné (I_k, I_{ke}) (pour les circuits principaux et les circuits de terre);
- valeur de crête du courant admissible assigné (I_p, I_{pe}), le cas échéant (pour les circuits principaux et les circuits de terre);

- g) durée de court-circuit assignée (t_k , t_{ke}) (pour les circuits principaux et les circuits de terre);
- h) valeurs assignées des composants faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire;
- i) niveau de remplissage assigné (des compartiments à remplissage de fluide);
- j) caractéristiques assignées des classifications d'arc interne (IAC), si spécifiées par le constructeur.

4.1 Tensions assignées (U_r)

Le paragraphe 4.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

NOTE Les composants faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante solide peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément à leurs normes correspondantes.

4.1.2 Gamme II pour les tensions assignées supérieures à 245 kV

Le paragraphe 4.1.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 4.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)

Le paragraphe 4.4.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante solide (par exemple, jeux de barres, circuits d'alimentation) peuvent avoir des valeurs différentes de courant assigné en service continu.

4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

L'échauffement des composants contenus dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide qui font l'objet de spécifications particulières ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par les normes correspondantes à ces composants.

Les valeurs maximales admissibles de température et d'échauffement à considérer pour les jeux de barres sont, suivant le cas, les valeurs spécifiées pour les contacts, les raccords ou les pièces métalliques en contact avec des isolants.

L'échauffement des enveloppes et des capots accessibles ne doit pas dépasser 30 K pour les surfaces métalliques et 40 K pour les surfaces isolantes solides et semi-conductrices. Dans le cas d'enveloppes et de capots accessibles mais non prévus pour être touchés pendant la manœuvre normale, la limite de l'échauffement peut être augmentée de 10 K.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Pour les courants de courte durée admissibles assignés I_k et I_{ke} , le 4.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

4.5.101 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

NOTE En principe, le courant de courte durée admissible assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes des composants en série dans le circuit qui présentent les plus faibles caractéristiques. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

4.5.102 Courant de courte durée admissible phase-terre assigné (I_{ke})

Une valeur de courant de courte durée admissible assigné phase-terre doit être définie pour le circuit de terre (I_{ke}). Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

NOTE Les courants de court-circuit assignés applicables au circuit de terre dépendent du type de mise à la terre du neutre du système auquel il est destiné. Voir 8.106.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

4.6.101 Courant de crête assigné admissible (I_p)

NOTE En principe, la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peut pas dépasser les valeurs assignées correspondantes des composants en série dans le circuit qui présentent les plus faibles caractéristiques. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

4.6.102 Courant phase-terre de crête assigné admissible (I_{pe})

Une valeur de courant phase-terre de crête assigné admissible doit être définie pour le circuit de mise à la terre (I_{pe}). Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

4.7 Durée de court circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

4.7.101 Durée de court circuit assignée (t_k)

NOTE En principe, la durée de court-circuit assignée pour un circuit principal ne peut pas dépasser la valeur assignée correspondante des composants en série dans le circuit qui présentent les plus faibles caractéristiques. Cependant, pour chaque circuit ou compartiment haute tension, il est admis de pouvoir tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent la durée du courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant.

4.7.102 Durée de court-circuit phase-terre assignée (t_{ke})

Une valeur de durée de court-circuit assignée phase-terre doit être définie pour le circuit de terre (t_{ke}). Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 4.8 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

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

Le paragraphe 4.9 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 4.10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre

Le paragraphe 4.11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, à l'exception de ce qui suit.

Paragraphe complémentaire:

4.101 Caractéristiques assignées de la classification arc interne (IAC)

4.101.1 Généralités

Si une classification IAC est attribuée par le constructeur, plusieurs caractéristiques assignées doivent être spécifiées. Ces caractéristiques assignées sont subdivisées en type d'accessibilité, faces classifiées, courants de défaut d'arc et durées de défaut d'arc.

4.101.2 Types d'accessibilité

Un type d'accessibilité à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante solide sur le site de l'installation est défini:

Type d'accessibilité A: accessibilité limitée au seul personnel autorisé.

NOTE La classification IAC définie dans la présente norme ne s'applique pas aux compartiments ouverts et à la protection d'arc entre compartiments. La norme IEEE C.37.20.7 traite de ces sujets en désignant par le suffixe B le cas des compartiments à basse tension ouverts et par le suffixe C la protection entre compartiments en cas d'arc interne; se reporter à [12] de la Bibliographie.

4.101.3 Faces classifiées

Pour le type d'accessibilité A, les faces de l'enveloppe qui satisfont aux critères de l'essai d'arc interne sont désignées comme suit

F pour la face avant
L pour les faces latérales
R pour la face arrière

La face avant doit être clairement indiquée par le constructeur.

4.101.4 Courants de défaut d'arc assignés (I_A , I_{Ae})

Il convient de choisir la valeur normale des courants de défaut d'arc assignés à partir de la série R 10 spécifiée dans l'IEC 60059: se reporter à [3] de la Bibliographie.

Deux caractéristiques assignées de courant de défaut d'arc sont reconnues:

- a) courant de défaut d'arc triphasé (I_A),
- b) courant de défaut d'arc monophasé phase-terre (I_{Ae}), le cas échéant.

Si seule la caractéristique assignée triphasée est spécifiée, la caractéristique assignée monophasée est par défaut égale à 87 % de la caractéristique assignée triphasée, et ne nécessite pas d'être spécifiée.

NOTE 1 Le constructeur spécifie les compartiments auxquels s'applique la caractéristique assignée de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre. Cette valeur est attribuée à l'appareillage si sa construction empêche l'arc de s'évoluer en polyphasé, comme démontré au cours de l'essai d'arc interne.

NOTE 2 Cette valeur de 87 % est justifiée par l'essai de défaut d'arc avec amorçage en biphasé; se reporter au AA.5.2.

Lorsque tous les compartiments à haute tension ne sont conçus que pour des défauts d'arc monophasé phase-terre, la caractéristique assignée I_A ne doit pas être attribuée (se reporter au AA.5.2).

NOTE 3 Des informations sur la relation qui existe entre le mode de mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre sont fournies au 8.104.6.

4.101.5 Durée de défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae})

Les valeurs normales recommandées pour la durée de défaut d'arc triphasé (t_A) sont 0,1 s, 0,5 s et 1 s.

Le cas échéant, la durée de l'essai (t_{Ae}) de défaut d'arc monophasé phase-terre doit être spécifiée par le constructeur.

NOTE Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc admissible pour un courant différent du courant d'essai.

4.102 Tensions d'essai assignées des câbles

4.102.1 Généralités

Lorsque l'appareillage est conçu pour permettre de réaliser les essais diélectriques de câbles lorsqu'ils sont raccordés à l'appareillage, une ou plusieurs tensions d'essai assignées des câbles doivent être attribuées par le constructeur.

4.102.2 Tension d'essai des câbles à fréquence industrielle assignée U_{ct} (courant alternatif)

La tension d'essai des câbles à fréquence industrielle assignée correspond à la tension d'essai alternative maximale qui peut être appliquée aux câbles lorsqu'ils sont raccordés à l'appareillage qui peut être en service.

4.102.3 Tension continue d'essai des câbles assignée U_{ct} (courant continu)

La tension continue d'essai des câbles assignée correspond à la tension d'essai continue maximale qui peut être appliquée aux câbles lorsqu'ils sont raccordés à l'appareillage qui peut être en service.

NOTE Une tension continue d'essai des câbles assignée peut également être considérée comme applicable pour les essais à très basse fréquence (par exemple 0,1 Hz). Des recommandations sont données dans le document IEEE 400.2; se reporter à [13] de la Bibliographie.

5 Conception et construction

L'Article 5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe isolante solide doit être construit de façon à pouvoir réaliser en toute sécurité les opérations suivantes:

- les opérations normales de service, de contrôle et de maintenance,
- la détermination de la présence ou de l'absence de tension du circuit principal, comprenant la vérification de l'ordre de succession des phases,
- la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais diélectriques des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses.

Pour les appareillages sous enveloppe isolante solide, il est nécessaire de prendre en considération les conditions de condensation et d'humidité puisque ces appareils sont tenus d'être sûrs pour les personnes qui les touchent, non seulement à sec, mais aussi avec de la condensation sur les surfaces isolantes solides.

Toutes les parties amovibles et tous les composants du même type, caractéristiques assignées et construction doivent être mécaniquement et électriquement interchangeables.

Les parties amovibles et les composants de caractéristiques assignées de courant et d'isolation supérieures ou égales peuvent être installés à la place des parties amovibles et des composants de caractéristiques assignées de courant et d'isolation inférieures ou égales si la conception des parties amovibles, des composants et des compartiments permet l'interchangeabilité mécanique. Cela ne s'applique généralement pas aux dispositifs de limitation de courant.

NOTE L'installation de parties amovibles ou de composants de caractéristiques assignées de courant et d'isolation supérieures n'augmente pas nécessairement les performances de l'unité fonctionnelle ou n'implique pas que l'unité fonctionnelle est capable de fonctionner aux caractéristiques assignées augmentées des parties amovibles ou des composants.

Les composants divers contenus dans l'enveloppe isolante solide sont soumis aux spécifications particulières les concernant.

Pour les circuits principaux avec des fusibles limiteurs de courant, le constructeur de l'appareillage peut attribuer le maximum de crête et l'intégrale de Joule du courant coupé limité des fusibles pour le circuit principal en aval des fusibles.

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

NOTE Pour la manipulation de SF₆, se reporter à l'IEC/TR 62271-4. ([10] de la Bibliographie).

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

5.3.101 Mise à la terre des parties conductrices à haute tension

Pour assurer la protection du personnel lors des travaux de maintenance, toutes les parties conductrices à haute tension pour lesquelles l'accès est nécessaire ou fourni doivent pouvoir être mises à la terre avant qu'il ne soit possible d'y accéder. Cela ne s'applique pas aux parties amovibles à partir desquelles les parties conductrices haute tension deviennent accessibles après qu'elles ont été séparées de l'appareillage.

5.3.102 Mise à la terre de l'enveloppe

Lorsque l'enveloppe comporte des couches conductrices destinées à être mises à la terre, deux options sont possibles:

- pour la catégorie PA et PB1, la résistance au point de mise à la terre fourni n'est pas exigée;

- pour la catégorie PB2, la résistance à toute position sur ces couches conductrices ne doit pas dépasser une résistance supérieure à 100 mΩ (à 30 A en courant continu) par rapport au point de mise à la terre.

5.3.103 Mise à la terre des appareils de mise à la terre

Lorsque les connexions de terre ont à conduire la totalité du courant de court-circuit triphasé (comme dans le cas des connexions de court-circuit utilisées pour les appareils de mise à la terre), ces connexions doivent être dimensionnées en conséquence.

5.3.104 Mise à la terre des parties débrochables et amovibles

Les parties métalliques des parties débrochables normalement mises à la terre doivent rester raccordées à la terre dans les positions d'essai et débrochée, ainsi que dans toutes les positions intermédiaires. Les connexions de terre dans toutes les positions ne doivent pas présenter une résistance supérieure à 100 mΩ (à 30 A en courant continu) par rapport au point de mise à la terre.

Pendant l'insertion, les parties métalliques d'une partie amovible normalement mises à la terre doivent être raccordées à la terre avant le contact entre les parties fixes et les parties amovibles du circuit principal.

Si les parties débrochables ou amovibles contiennent des appareils de mise à la terre, destinés à la mise à la terre du circuit principal, alors la connexion de terre en position de service doit être considérée comme partie du circuit de terre avec les valeurs assignées correspondantes (4.5, 4.6 et 4.7).

5.3.105 Circuit de terre

Un conducteur de terre doit être disposé sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe isolante solide. Le circuit de terre de l'appareillage doit pouvoir conduire les courants de courte durée et la valeur de crête du courant admissible assigné phase-terre de chaque unité fonctionnelle à la borne destinée au raccordement au réseau de terre de l'installation. Sa section ne doit pas être inférieure à 30 mm².

NOTE 1 La densité du courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne dépasse pas 200 A/mm² pendant une durée de court-circuit assignée de 1 s, et 125 A/mm² pendant une durée de court-circuit assignée de 3 s, dans les conditions de défaut à la terre spécifiées.

NOTE 2 Une méthode de calcul des sections de conducteurs est donnée dans l'IEC 60724; se reporter à [6] de la Bibliographie.

Le circuit de terre est généralement conçu pour supporter une fois un défaut de court-circuit, ce qui peut nécessiter après ce type de phénomène de procéder à des opérations de maintenance. Se référer également à 8.106.

5.4 Équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

L'appareillage sous enveloppe isolante solide doit être muni de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements selon le Tableau 101.

Les informations de l'appareillage complet conformes au Tableau 101, doivent être lisibles en position normale de service. Le cas échéant, une plaque signalétique commune pour l'appareillage complet peut comporter les informations générales, avec une plaque signalétique séparée pour chaque unité fonctionnelle comprenant les informations particulières.

Les informations détaillées des composants fixes utilisés n'ont pas besoin d'être lisibles en position normale de service.

Les plaques signalétiques destinées aux parties amovibles n'ont besoin d'être lisibles que lorsque la partie amovible est dans la position de retrait.

Tableau 101 – Information pour la plaque signalétique

	Symbole	Unité	(**)	Condition: Marquage exigé seulement si
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constructeur			X	
Désignation du type du constructeur			X	
Numéro de série			X	
Référence de la notice d'utilisation			X	
Année de fabrication			X	
Norme applicable			X	
Tension assignée	U_r	kV	X	
Fréquence assignée	f_r	Hz	X	
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	U_p	kV	X	
Tension de tenue assignée à fréquence industrielle	U_d	kV	X	
Tension d'essai des câbles à fréquence industrielle assignée	U_{ct} (c.a.)	kV	(X)	
Tension continue d'essai des câbles assignée	U_{ct} (c.c.)	kV	(X)	
Courant assigné en service continu	I_r	A	X	
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	kA	X	
Valeur de crête du courant admissible assigné	I_p	kA	Y	Différent de 2,5 pour 50 Hz et 2,6 pour 60 Hz
Durée de court-circuit assignée	t_k	s	X	
Courant de courte durée admissible assigné pour les circuits de terre	I_{ke}	kA	Y	Différent de I_k (circuit principal)
Valeur de crête du courant admissible assigné pour les circuits de terre	I_{pe}	kA	Y	Différent de I_p (circuit principal) et différent de 2,5 I_{ke} pour 50 Hz et 2,6 I_{ke} pour 60 Hz
Durée assignée du court-circuit pour les circuits de terre	t_{ke}	s	Y	Différent de t_k (circuit principal)
Masse du matériau isolant solide		kg	X	
Niveau assigné de remplissage pour l'isolation (*)	p_{re}	kPa, MPa ou kg	(X)	
Niveau d'alarme pour l'isolation (*)	p_{ae}	kPa, MPa ou kg	(X)	
Niveau minimal de fonctionnement pour l'isolation (*)	p_{me}	kPa, MPa ou kg	(X)	
Catégorie de perte de continuité de service	LSC		X	
Fluide isolant et masse		kg	(X)	
Classification arc interne	IAC		(X)	
Type d'accessibilité		A	(X)	
Faces classifiées		F,L,R	(X)	
Courant de défaut d'arc et durée	I_A, t_A	kA, s	(X)	
Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre et durée	I_{Ae}, t_{Ae}	kA, s	Y	IAC est assignée et I_{Ae} diffère de 87 % de I_A
(*) Pression absolue (abs.) ou pression relative (rel.) à spécifier				
(**) X = le marquage de ces valeurs est obligatoire;				
(X) = le marquage de ces valeurs s'applique selon les cas;				
Y = le marquage de ces valeurs s'applique selon les conditions de la colonne (5).				
NOTE 1 Les abréviations de la colonne (2) peuvent être utilisées à la place des termes de la colonne (1).				
NOTE 2 Lorsque les termes de la colonne (1) sont utilisés, le mot « assigné » n'est pas nécessaire.				

5.11 Dispositifs de verrouillages

Le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Des verrouillages entre les différents composants de l'équipement sont prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter le service. Les verrouillages ne doivent pas être endommagés par des tentatives de fausses manœuvres de tout appareil de connexion associé, dans les conditions spécifiées au 6.102.2 Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux:

a) Appareillage sous enveloppe isolante solide contenant des parties amovibles:

Le débrogage ou l'embrogage d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si ceux-ci se trouvent dans la position d'ouverture.

La manœuvre d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si ceux-ci se trouvent dans la position de service, de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre.

Dans la position de service, le verrouillage doit empêcher la fermeture d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur, sauf si tous les circuits auxiliaires prévus pour l'ouverture automatique de ces dispositifs sont raccordés. Inversement, il doit être impossible de déconnecter les circuits auxiliaires, le disjoncteur étant fermé, en position de service.

b) Appareillage sous enveloppe isolante solide muni de sectionneurs:

Des verrouillages doivent être prévus pour empêcher la manœuvre des sectionneurs dans des conditions pour lesquelles ils sont prévus (se reporter à l'IEC 62271-102). La manœuvre d'un sectionneur ne doit être possible que lorsque le disjoncteur, l'interrupteur ou le contacteur se trouve en position d'ouverture.

NOTE 1 On peut passer outre cette règle si, dans un système à deux jeux de barres, il est possible d'avoir un transfert sans coupure d'un jeu de barres à l'autre.

La manœuvre du disjoncteur, de l'interrupteur ou du contacteur ne doit être possible que si le sectionneur associé se trouve en position de fermeture, d'ouverture ou de mise à la terre (si elle existe).

La mise à disposition de verrouillages supplémentaires ou différents doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires sur le but et le mode de fonctionnement des verrouillages.

Il convient que les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit assigné inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné du circuit principal soient verrouillés avec le sectionneur associé ou l'appareil de connexion principal en position ouverte.

Les appareils installés dans les circuits principaux, dont la manœuvre incorrecte peut causer des dommages ou qui servent à assurer la distance de sectionnement durant les travaux de maintenance, doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser (par exemple, possibilité de disposer de cadenas).

Dans le cas de mise à la terre d'un circuit par l'appareil de connexion principal (disjoncteur, interrupteur ou contacteur) en série avec un sectionneur de terre, ce sectionneur de terre doit être verrouillé avec l'appareil de connexion principal. Des dispositions doivent être prises afin de protéger l'appareil de connexion principal contre les ouvertures involontaires, par exemple par déconnexion des circuits de déclenchement et blocage du déclenchement mécanique.

NOTE 2 Tout autre appareil dans la position de mise à la terre peut être utilisé à la place d'un sectionneur de terre.

Dans le cas de verrouillages non mécaniques, la conception doit être telle qu'aucune situation inadéquate ne puisse arriver en cas d'absence d'alimentation auxiliaire. Cependant, pour des commandes d'urgence, le constructeur peut fournir des dispositifs supplémentaires pour des manœuvres manuelles sans verrouillage. Dans ce cas, le constructeur doit clairement les identifier et doit définir les procédures de manœuvre.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

En complément, pour tous les dispositifs impliqués dans les fonctions de sectionnement et de mise à la terre, le paragraphe 5.104.3 de l'IEC 62271-102:2001 est applicable.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.13.1 Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et protection du matériel contre la pénétration de corps solides étrangers (codification IP)

Le paragraphe 5.13.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Des exigences particulières sont spécifiées aux 5.102 et 5.103.

5.13.2 Protection contre la pénétration d'eau (codification IP)

Le paragraphe 5.13.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.13.3 Protection du matériel contre les impacts mécaniques dans les conditions normales de service (codification IK)

Le paragraphe 5.13.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

Le niveau d'impact minimal est IK06 selon l'IEC 62262 (1 J).

5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 5.14 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

5.15 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Se reporter au 5.103.2.3.

5.16 Étanchéité au liquide

Le paragraphe 5.16 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Se reporter au 5.103.2.3.

5.17 Risque de feu (Inflammabilité)

Le paragraphe 5.17 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.19 Émission de rayons X

Le paragraphe 5.19 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

5.20 Corrosion

Le paragraphe 5.20 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphe complémentaire:

5.101 Défaut d'arc interne

L'appareillage sous enveloppe isolante solide qui satisfait aux exigences de la présente norme, est conçu et fabriqué, en principe, pour éviter les défauts d'arc interne. Cependant, lorsqu'une classification arc interne est assignée, l'appareillage doit être conçu pour fournir un niveau défini de protection des personnes en cas d'arc interne, lorsque l'appareillage est en condition normale de service.

Si une classification arc interne est assignée par le constructeur et vérifiée par des essais de type selon 6.105, la classification doit être désignée de la manière suivante:

- | | |
|---|---|
| – Classification: | IAC (Internal <u>A</u> rc <u>C</u> lassified) |
| – Type d'accessibilité: | A |
| – Faces classifiées de l'enveloppe: | F, L, R |
| – Valeurs assignées de défaut d'arc triphasé: | courant [kA] et durée [s] |
| – Valeurs assignées de défaut d'arc monophasé (le cas échéant): | courant [kA] et durée [s] |

Cette désignation doit figurer sur la plaque signalétique (se reporter au 5.10).

Des exemples de désignations de la classification IAC sont donnés au 8.104.6.

5.102 Enveloppe isolante solide

5.102.1 Généralités

L'enveloppe isolante solide complète, ainsi que les matériaux utilisés dans la construction doivent être capables de supporter les contraintes mécaniques, électriques et thermiques aussi bien que les effets de l'humidité qui sont susceptibles d'être rencontrés dans les conditions de service spécifiées.

Lorsque l'appareillage sous enveloppe isolante solide est installé, l'enveloppe doit procurer au moins le degré de protection IP 2X spécifié au Tableau 7 de l'IEC 62271-1:2007. Le degré de protection spécifié doit être procuré par l'enveloppe, toutes les portes et tous les capots étant fermés, comme dans les conditions normales de service, indépendamment du mode de maintien en position de ces portes et capots.

Les murs d'un local ne doivent pas être considérés comme faisant partie de l'enveloppe. La surface d'assise sous l'appareillage installé peut être considérée comme faisant partie de l'enveloppe. Les mesures à prendre pour obtenir le degré de protection assuré par les surfaces d'assise doivent être définies dans la notice d'installation.

Un degré de protection d'un niveau plus élevé peut être spécifié conformément à l'IEC 60529.

Les parties de l'enveloppe qui limitent des compartiments non accessibles doivent être munies d'une indication claire signifiant qu'elles ne doivent pas être démontées.

Les surfaces horizontales des enveloppes, par exemple, les panneaux du toit, ne sont pas conçues normalement pour supporter le poids d'une personne ou de matériels supplémentaires non fournis comme partie de l'ensemble. Si le constructeur déclare qu'il est

nécessaire de monter ou marcher sur l'appareillage pour l'exploitation ou la maintenance, la conception doit être telle que les surfaces concernées puissent supporter le poids de l'opérateur sans déformation exagérée et que l'équipement reste propre à l'emploi. Dans de tels cas, les zones de l'équipement où l'accès ou la marche n'est pas sécurisé, par exemple, les clapets de détente, doivent être clairement signalées.

5.102.2 Catégorie de protection de l'enveloppe isolante solide contre les chocs électriques

L'enveloppe isolante solide doit assurer la protection des personnes contre les chocs électriques lors du contact avec l'enveloppe ou de la manœuvre de l'appareillage sous enveloppe isolante solide dans des conditions de service. On distingue les deux catégories de protection suivantes:

- La catégorie de protection PA avec une isolation qui satisfait à toutes les exigences données aux points a) à d) de 5.102.3 est généralement suffisante pour les parties de l'enveloppe qui sont touchées par des personnes uniquement, accidentellement ou par inadvertance. L'isolation peut être fournie avec une couche conductrice.

NOTE L'impédance à la terre de la couche conductrice pour la catégorie PA n'est pas spécifiée, dans la mesure où l'exigence de 5.102.3 d) s'applique.

- La catégorie de protection PB est considérée comme adaptée aux parties de l'enveloppe qui sont susceptibles d'être touchées lors de la manœuvre, du remplacement de parties amovibles ou lors de la réalisation d'autres travaux de maintenance normaux. On distingue deux conceptions différentes pour la catégorie PB:
 - PB1 avec une isolation qui satisfait, en plus de celles de la catégorie de protection PA, aux exigences données au point e) ou f) de 5.102.3, servant de dispositif de sécurité au cas où l'isolation de catégorie de protection PA serait endommagée;
 - PB2 avec une isolation de catégorie de protection PA, munie d'une couche conductrice mise à la terre. Cette dernière doit satisfaire aux exigences données au point g) de 5.102.3.

5.102.3 Exigences pour les catégories de protection

Se référer à l'Annexe EE informative, pour des clarifications.

Pour la catégorie de protection PA, l'enveloppe isolante solide doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) L'isolation entre les parties du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante solide de l'ensemble complet doit être capable de supporter les tensions d'essai spécifiées en 6.2.6 pour les essais diélectriques à la terre et entre phases;
- b) Outre les considérations mécaniques, l'épaisseur du matériau isolant des enveloppes isolantes solides doit être suffisante pour supporter les tensions d'essai spécifiées au point a). Les méthodes spécifiées dans l'IEC 60243-1 peuvent être appliquées;
- c) L'isolation entre les parties actives du circuit principal et la surface intérieure des cloisons et volets en matériau isolant en face de ces parties actives doit supporter au moins 150 % de la tension U_r ;
- d) Les courants capacitifs et les courants de fuite ne doivent pas être supérieurs à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (se reporter au 6.104.3). Les courants de fuite peuvent atteindre la surface accessible de l'isolation par un chemin continu sur les surfaces isolantes solides ou par un chemin interrompu seulement par d'étroits espaces de gaz ou de liquide.

Pour la catégorie de protection PB1, les exigences de la catégorie de protection PA et l'une des exigences supplémentaires suivantes doivent être satisfaites par l'enveloppe isolante solide.

- e) L'enveloppe isolante solide doit se composer d'au moins deux couches de matériau isolant, dont l'une doit satisfaire aux exigences du point b). L'autre couche doit être

capable de supporter uniquement une tension d'essai à fréquence industrielle de 1 min égale à 150 % de la tension U_r . Il ne doit pas être possible de retirer l'isolation supplémentaire sans l'aide d'un outil;

- f) L'enveloppe isolante solide contient un fluide isolant. Dans ces cas, on doit s'assurer que l'isolation du circuit principal, par rapport à la surface interne de l'enveloppe isolante solide, est capable de supporter une tension d'essai à fréquence industrielle de 1 min égale à 150 % de la tension U_r , même lorsque le fluide isolant liquide ou gazeux est remplacé par de l'air ambiant à la pression atmosphérique normale.

NOTE 1 Dans ce cas, l'exigence supplémentaire pour la protection PB est obtenue sur la face intérieure de la protection PA. Se reporter également à la Figure EE.2b.

Pour la catégorie de protection PB2, les exigences de la catégorie de protection PA et l'exigence supplémentaire suivante doivent être satisfaites.

- g) La résistance de la couche conductrice mise à la terre doit être au maximum de 100 m Ω (à 30 A en courant continu) par rapport au point de mise à la terre installé.

NOTE 2 Si la catégorie PB2 est assurée sur l'ensemble de l'appareillage, l'IEC 62271-200 est applicable.

NOTE 3 Si la résistance de la couche conductrice mise à la terre par rapport au point de mise à la terre installé est supérieure à 100 m Ω (à 30 A en courant continu), la catégorie PA est applicable.

5.102.4 Capots et portes

Lorsque les capots et portes, qui font partie de l'enveloppe, sont fermés, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe isolante solide.

Lorsque des orifices de ventilation, d'échappement des gaz ou des regards d'inspection sont prévus dans les capots ou les portes, il est fait référence au 5.102.6 ou au 5.102.7.

Les capots ou les portes qui donnent exclusivement accès à des compartiments qui ne sont pas à haute tension (par exemple, compartiment de commande à basse tension ou éventuel compartiment de mécanisme), ne sont pas soumis aux spécifications de ce paragraphe.

On distingue plusieurs catégories de capots ou de portes selon le type de compartiments accessibles à haute tension auxquels ils donnent accès:

- a) Capots ou portes donnant accès à des compartiments accessibles par outillage.

Ces capots ou portes (capots fixes) n'ont pas besoin d'être ouverts pour les opérations normales d'exploitation et/ou de maintenance telles que définies par le constructeur. Il ne doit pas être possible de les ouvrir, les démonter ou les retirer sans l'aide d'outils;

NOTE 1 Ils ne sont ouverts que si les précautions pour assurer la sécurité électrique ont été prises.

NOTE 2 Il faut accorder une attention particulière aux exigences d'absence de tension/courant dans le circuit principal pour les manœuvres des appareils de connexion (le cas échéant) quand les opérations de maintenance se font portes ou capots ouverts.

- b) Capots ou portes donnant accès à des compartiments accessibles contrôlés par verrouillage ou selon procédure.

Ces capots ou portes doivent être fournis s'il est nécessaire d'accéder aux compartiments pour l'usage normal et/ou la maintenance normale tels que définis par le constructeur. Ces capots ou portes ne doivent pas nécessiter d'outils pour leur ouverture ou leur retrait et doivent comporter les éléments suivants:

- Compartiments accessibles contrôlés par verrouillage:

Ceux-ci doivent être munis de dispositifs de verrouillage, de sorte que l'ouverture du compartiment ne doit être possible que si la partie du circuit principal contenue dans le compartiment rendu accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position débouchée avec les volets clos;

- Compartiments accessibles selon procédure:

Ceux-ci doivent être équipés de moyens de verrouillage, par exemple, cadenas.

NOTE 3 L'utilisateur met en place des procédures appropriées pour s'assurer qu'un compartiment accessible selon procédure ne peut être ouvert que si les parties à haute tension contenues dans le compartiment rendu accessible sont hors tension et à la terre, ou dans une position débouchée avec les volets correspondants clos. Des procédures peuvent être imposées par les lois et règlements du pays de l'installation, ou par les instructions de sécurité de l'utilisateur.

NOTE 4 Si des compartiments accessibles contrôlés par verrouillage ou selon procédure disposent d'autres capots qui peuvent être ouverts à l'aide d'outils, il est admis d'appliquer des procédures appropriées ou d'apposer des étiquettes d'avertissement particulières.

5.102.5 Cloisons ou volets faisant partie de l'enveloppe

Si les cloisons ou volets deviennent partie de l'enveloppe avec la partie amovible dans une des positions définies de 3.130 à 3.133, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe. Dans ce cas, les volets doivent également satisfaire aux exigences spécifiées pour la catégorie de protection PB, s'ils sont susceptibles d'être touchés.

A cet égard, il est admis de noter les éléments suivants:

- une cloison ou un volet devient partie de l'enveloppe si elle (il) est accessible dans l'une des positions définies de 3.130 à 3.133 et si aucune porte n'est prévue, qui peut être fermée dans les positions définies de 3.129 à 3.133;
- s'il est prévu une porte pouvant être fermée dans les positions définies de 3.129 à 3.133, la cloison ou le volet derrière cette porte n'est pas considéré(e) comme faisant partie de l'enveloppe.

5.102.6 Regards

Les regards doivent assurer au moins le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Les regards doivent être fermés par des plaques transparentes ayant une résistance mécanique comparable à celle de l'enveloppe isolante solide. Ils doivent au moins satisfaire aux exigences des enveloppes isolantes solides spécifiées pour la catégorie de protection PB.

5.102.7 Orifices de ventilation et d'échappement des gaz

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés ou protégés de façon à prévoir le même degré de protection que celui spécifié pour l'enveloppe isolante solide. De tels orifices peuvent être protégés par des grillages ou des dispositifs analogues, à condition que ceux-ci aient une rigidité mécanique suffisante.

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés de telle sorte que des gaz ou des vapeurs s'échappant sous pression ne mettent pas l'opérateur en danger.

5.103 Compartiments à haute tension

5.103.1 Généralités

Un compartiment à haute tension doit être désigné par le composant principal qu'il contient, par exemple, compartiment disjoncteur, compartiment jeu de barres, ou par la fonctionnalité principale, par exemple, compartiment connexions, etc.

Lorsque des extrémités de câbles sont contenues dans un compartiment avec d'autres composants principaux (par exemple, disjoncteur, jeux de barres, etc.), alors sa désignation doit être essentiellement celle de l'autre composant principal.

NOTE Les compartiments peuvent être également identifiés d'après les différents composants contenus, par exemple, compartiment connexions/transformateur de courant, etc.

Les compartiments peuvent être de types différents, par exemple:

- isolé dans l'air;
- à remplissage de liquide (voir 5.103.2);
- à remplissage de gaz (voir 5.103.2).

Les ouvertures nécessaires pour l'interconnexion entre compartiments doivent être fermées par des traversées ou tout autre moyen équivalent.

Les compartiments jeux de barres peuvent s'étendre sur plusieurs unités fonctionnelles sans que des traversées ou autres dispositifs équivalents ne soient nécessaires. Toutefois, dans le cas des équipements LSC2 (voir 8.103.3), chaque ensemble de jeux de barres, par exemple, dans les systèmes à double jeux de barres, et chaque section de jeux de barres déconnectables ou manœuvrables, doivent être dans un compartiment séparé.

Les parties à haute tension à matériau isolant solide destinées à rester sous tension en cas d'accès au compartiment à haute tension, doivent satisfaire au 5.102.2.

5.103.2 Compartiments à remplissage de fluide (gaz ou liquide)

5.103.2.1 Généralités

Les compartiments doivent être capables de supporter les pressions normales et transitoires auxquelles ils sont soumis en service.

Les compartiments à remplissage de gaz, quand ils sont sous pression permanente en service, sont soumis à des conditions de service particulières qui les différencient des réservoirs d'air comprimé ou des réservoirs de stockage similaires. Ces conditions sont les suivantes:

- les compartiments à remplissage de gaz sont remplis normalement avec un gaz non corrosif, complètement sec, stable et inerte; comme il est fondamental pour le bon fonctionnement de l'appareillage de maintenir ce gaz dans cet état avec seulement de faibles variations de pression, et comme les compartiments ne sont pas soumis à une corrosion interne, il n'est pas nécessaire de prendre en compte ces facteurs pour déterminer la conception des compartiments;
- la pression de calcul est inférieure ou égale à 300 kPa (pression relative).

5.103.2.2 Conception

La conception d'un compartiment à remplissage de fluide doit être basée sur la nature du fluide, la température de calcul et, le cas échéant, sur le niveau de calcul défini dans la présente norme.

La température de calcul du compartiment à remplissage de fluide est généralement la limite supérieure de la température de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement du fluide dû au passage du courant assigné en service continu. La pression de calcul du compartiment doit être au moins égale à la limite supérieure de la pression atteinte dans le compartiment à la température de calcul et dans les conditions d'installation définies dans l'Article 2.

Les compartiments à remplissage de fluide doivent supporter:

- a) la différence totale de pression possible de part et d'autre des parois ou des cloisons du compartiment, y compris en cas de mise à vide éventuelle durant le remplissage ou la maintenance;
- b) la pression résultant d'une fuite accidentelle entre les compartiments dans le cas de compartiments adjacents ayant des pressions de service différentes.

5.103.2.3 Étanchéité

Le constructeur doit indiquer le système de pression utilisé et le taux de fuite admissible pour les compartiments à remplissage de fluide (se reporter aux 5.15 et 5.16 de l'IEC 62271-1:2007). Ceci doit tenir compte des limites relatives établies au Tableau 13 de l'IEC 62271-1:2007 pour les taux de fuite accrus temporairement à des températures différentes de 20 °C.

A la demande de l'utilisateur, pour permettre l'accès à un compartiment à remplissage de fluide de systèmes à pression autonome ou de systèmes à pression entretenue, il convient que le constructeur indique également le taux de fuite admissible à travers les cloisons.

Pour les compartiments à remplissage de gaz dont le niveau minimal de fonctionnement dépasse 100 kPa (pression relative), il convient de fournir une indication lorsque la pression à 20 °C est tombée en dessous du niveau minimal de fonctionnement (se reporter au 3.123).

Une cloison séparant un compartiment à remplissage de gaz isolant d'un compartiment voisin rempli avec un liquide, ne doit présenter aucune fuite pouvant affecter les propriétés diélectriques des deux milieux.

5.103.2.4 Décharge de pression des compartiments à remplissage de fluide

Lorsque des limiteurs de pression ou des conceptions de limitation de pression sont fournis, ils doivent être placés de façon à réduire au minimum le danger pour le personnel de maintenance et les opérateurs pendant qu'ils effectuent les tâches normales d'exploitation si des gaz ou des vapeurs s'échappent sous pression. Les limiteurs de pression ne doivent pas fonctionner à moins de 1,3 fois la pression de calcul. Le limiteur de pression peut être par exemple une zone faible de conception du compartiment, ou un dispositif dédié, par exemple, un disque de rupture.

5.103.3 Cloisons et volets

Pour les besoins de la présente norme, seule la classe PI est définie pour des cloisons et des volets entre les compartiments ouverts et les parties actives du circuit principal, se reporter au 3.111.

Les cloisons et volets doivent assurer au moins un degré de protection IP2X selon le Tableau 7 de l'IEC 62271-1:2007.

Les conducteurs passant à travers des cloisons doivent être munis de traversées ou tout autre moyen équivalent pour procurer le niveau IP requis.

L'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante solide et les cloisons des compartiments contenant des ouvertures, pour permettre l'embrochage des contacts des parties amovibles ou débrochables et des contacts fixes, doivent être munies de volets automatiques qui, manœuvrés correctement pendant les opérations normales d'exploitation, assurent la protection des personnes dans chacune des positions définies de 3.129 à 3.133. Des moyens appropriés doivent assurer les manœuvres fiables des volets, par exemple un entraînement mécanique, où les volets sont obligés de suivre le mouvement de la partie amovible ou débrochable.

L'état des volets peut ne pas être immédiatement confirmé depuis un compartiment ouvert dans toutes les situations (par exemple, compartiment câbles ouvert mais avec les volets montés dans le compartiment disjoncteur). Dans cette situation, la vérification de l'état des volets peut nécessiter l'accès à un second compartiment ou la présence d'un regard ou d'un indicateur de position fiable.

Si, lors des travaux de maintenance ou d'essais, une exigence impose d'ouvrir des volets pour atteindre un ou plusieurs jeux de contacts fixes, tous les volets doivent être munis de

dispositifs permettant de les immobiliser indépendamment, en position de fermeture. Si, lors des travaux de maintenance ou d'essais, la fermeture automatique des volets a été supprimée pour garder les volets en position ouverte, il ne doit pas être possible de remettre l'appareil de connexion dans sa position de service avant que la manœuvre automatique des volets ne soit rétablie. Cela peut être obtenu par l'action même de remise en position de service de l'appareil de connexion.

Il est admis d'utiliser une cloison insérée temporairement pour protéger des contacts fixes exposés sous tension (se reporter au 10.4).

Les cloisons et les volets doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- a) l'isolation entre les parties actives à haute tension et la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant solide doit supporter les tensions d'essai spécifiées au 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles;
- b) le matériau isolant solide doit supporter la tension d'essai à fréquence industrielle définie au point a). Il convient d'appliquer les méthodes d'essai appropriées données dans l'IEC 60243-1; se reporter au [4] de la Bibliographie;
- c) l'isolation entre les parties sous haute tension et la surface intérieure des cloisons et volets en matériau isolant solide en face de ces parties actives doit supporter au moins 150 % de la tension U_r ;
- d) si un courant de fuite peut atteindre la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant solide par un trajet continu sur des surfaces isolantes ou par un trajet interrompu seulement par d'étroits espaces de gaz ou de liquide, il ne doit pas être supérieur à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (se reporter au 6.104.3).

Si des cloisons ou des volets deviennent partie intégrante de l'enveloppe, se reporter au 5.102.5.

5.104 Parties amovibles

Les parties amovibles assurant la distance de sectionnement (en position de retrait) entre les conducteurs à haute tension doivent satisfaire à l'IEC 62271-102, sauf en ce qui concerne les essais de fonctionnement mécanique (se reporter aux 6.102 et 7.102). Cette fonction de sectionnement est prévue pour des opérations de maintenance seulement.

Si les parties amovibles sont prévues pour être utilisées comme sectionneur ou être ôtées et remplacées plus fréquemment que pour des raisons de maintenance uniquement, alors les essais doivent aussi inclure les essais de fonctionnement mécanique conformes à l'IEC 62271-102.

L'exigence selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position de fonctionnement du sectionneur ou du sectionneur de terre est considérée comme satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance de sectionnement est visible;
- la position de la partie débrochable, par rapport à la partie fixe, est nettement visible et les positions correspondant à l'embrochage complet et à l'isolation complète sont indiquées clairement;
- la position de la partie débrochable est indiquée par un dispositif indicateur fiable.

NOTE Se reporter à l'IEC 62271-102, ainsi qu'à l'Annexe CC.

Toute partie amovible doit être maintenue par rapport à la partie fixe de telle sorte que ses contacts ne puissent s'ouvrir intempestivement sous l'effet des forces pouvant se produire en service, en particulier celles dues à un court-circuit.

Pour les appareillages classifiés IAC, le déplacement de parties débrochables de ou vers leur position de service ne doit pas réduire le niveau de protection spécifié en cas d'arc interne. Cela est obtenu, par exemple, lorsque la manœuvre n'est possible que si les portes et les capots destinés à la protection des personnes sont fermés. D'autres conceptions assurant un niveau équivalent de protection sont admises.

5.105 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

L'appareillage sous enveloppe isolante solide peut être conçu pour permettre de réaliser les essais de câbles lorsqu'ils sont raccordés à l'appareillage. Ceci peut être réalisé soit à partir d'une connexion d'essai dédiée ou des terminaisons de câbles. Dans ce cas, l'appareillage doit être capable de supporter la ou les tensions d'essai assignées des câbles, telles que spécifiées au 4.102, appliquées aux parties qui restent connectées au câble, les parties du circuit principal conçues pour rester sous tension pendant l'essai des câbles étant simultanément sous leur tension assignée.

6 Essais de type

L'Article 6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les modifications suivantes:

Les composants faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante solide et relevant de spécifications particulières non couvertes par le domaine d'application de l'IEC 62271-1 doivent y satisfaire et être soumis à l'essai conformément à ces spécifications, en tenant compte des paragraphes suivants.

Les essais de type doivent être effectués sur une unité fonctionnelle représentative. Il n'est pas pratique de soumettre toutes les dispositions prévues d'appareillage à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles de composants. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats d'essai obtenus avec des dispositions comparables.

Une unité fonctionnelle représentative peut prendre la forme d'une unité extensible; néanmoins, il peut être nécessaire d'assembler par boulonnage deux ou trois unités de ce type.

Les essais de type et vérifications comprennent:

	Paragraphe
Essais de type obligatoires:	
a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement	6.2
b) Essai de vérification de l'échauffement de toute partie de l'équipement et mesurage de la résistance des circuits	6.5 et 6.4
c) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et de terre à supporter la valeur de crête du courant assigné et le courant de courte durée admissible assigné	6.6
d) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement	6.101
e) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion et des parties amovibles contenus dans l'équipement	6.102
f) Essais de vérification du code de protection IP	6.7.1

	Paragraphe
g) Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques	6.104
h) Essais d'évaluation de l'isolation de l'équipement par le mesurage des décharges partielles	6.2.9
i) Essais de vérification des circuits auxiliaires et de commande	6.10
Essais de type obligatoires, si applicables:	
j) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les impacts mécaniques	6.7.2
k) Essais de vérification de la résistance des compartiments à remplissage de gaz	6.103
l) Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz ou de liquide	6.8
m) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut d'arc interne (pour l'appareillage classifié IAC)	6.105
n) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	6.9
o) Procédures d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	6.11
p) Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles	6.2.101
q) Essais de vérification de la stabilité thermique des matériaux isolants solides	6.106
r) Essais d'évaluation des effets de la condensation sur les surfaces isolantes solides	6.107

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur en service de la partie soumise à essai. Par conséquent, les échantillons utilisés pour l'essai de type ne doivent pas être utilisés en service sans un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec la modification suivante:

Les essais de type obligatoires (à l'exception des points m), n), o), q) et r)) doivent être effectués sur quatre échantillons d'essai au maximum.

6.1.2 Informations pour l'identification des échantillons d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type

Le paragraphe 6.1.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Pour le rapport relatif aux essais de défaut d'arc interne, se reporter au 6.105.6.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, sauf indication contraire dans le paragraphe ci-dessous.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

Le paragraphe 6.2.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.3 État de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide, isolé avec un fluide (liquide ou gazeux), les essais diélectriques doivent être effectués avec le fluide isolant spécifié par le constructeur, au niveau minimal de fonctionnement également spécifié par le constructeur.

6.2.4 Critères de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec la modification suivante:

Le second alinéa du point a) qui fait référence aux essais sous pluie n'est pas applicable.

NOTE Pour les compartiments à remplissage de fluide soumis à l'essai avec des traversées d'essai ne faisant pas partie de l'appareillage, les chocs conduisant à un contournement entre ces traversées d'essai ne sont pas considérés comme faisant partie de la série d'essais.

6.2.5 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le paragraphe 6.2.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:
Le paragraphe 6.2.5.1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais à effectuer sur le circuit principal. En principe, la fréquence industrielle, et les essais de tension de choc de foudre, doivent couvrir ce qui suit:

a) À la terre et entre phases

Les tensions d'essai spécifiées au 6.2.6 doivent être appliquées en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et des circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre et à la borne de terre de la source d'essai.

Les essais diélectriques doivent être effectués avec tous les appareils de connexion en position fermée et toutes les parties amovibles en position de service. L'attention doit être attirée sur la possibilité d'un champ électrique moins favorable lorsque les appareils de connexion sont en position ouverte ou que les parties amovibles sont dans une position de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre. Dans de telles conditions, les essais doivent être répétés. Cependant, les parties amovibles ne doivent pas être soumises à ces essais de tension lorsqu'elles sont dans une position de sectionnement, d'essai ou de retrait.

Pour ces essais, les équipements tels que les transformateurs de courant, les extrémités de câbles, les déclencheurs directs ou indicateurs de surintensité doivent être installés dans les conditions normales d'exploitation. Pour les essais de tension de choc de foudre, les dispositions selon 6.2.6.2 sont autorisées. En cas de doute concernant la configuration la plus défavorable, les essais doivent être repris dans les différentes configurations possibles.

Des plaques ou des feuillets métalliques mis à la terre doivent être prévus afin de simuler les conditions d'installation avec les distances d'isolement les plus faibles par rapport au sol et aux murs, par exemple, tel qu'indiqué par le constructeur.

Pour vérifier la conformité avec les exigences du point a) de 5.102.3, un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée, doit être appliqué, pendant la manœuvre ou la maintenance, à l'endroit le plus défavorable sur le ou les côtés accessibles de l'enveloppe isolante solide, des regards, des cloisons ou des volets en matériau isolant solide. La surface de ce feuillet doit être aussi grande que possible, mais ne doit pas dépasser

100 cm², et ce dernier doit être relié à la terre. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents. Ce feuillet doit être appliqué sur la surface externe de l'enveloppe, sans pénétrer dans les espaces de faibles dimensions. Pour la commodité de l'essai, sous réserve d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, il est admis d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties de l'enveloppe.

NOTE Si un sous-ensemble est soumis à essai, il convient qu'il inclut les joints de composants solides isolés par enrobage, s'ils sont utilisés.

b) Sur la distance de sectionnement

Chaque distance de sectionnement du circuit principal doit être soumise à l'essai aux tensions d'essai spécifiées au 6.2.6, selon les procédures d'essai définies au 6.2.5.2 de l'IEC 62271-1:2007.

La distance de sectionnement peut être constituée par

- la position ouverte d'un sectionneur;
- la distance entre les deux parties du circuit principal destinées à être connectées par un appareil de connexion débrochable ou amovible.

En l'absence de cloisonnement métallique entre la partie fixe et la partie débrochable lorsqu'une distance de sectionnement est établie, les tensions d'essai spécifiées sur la distance de sectionnement doivent être appliquées de la manière suivante: la partie débrochable doit être dans celle des positions de sectionnement ou d'essai qui génère la plus courte distance entre les contacts fixes et mobiles. L'appareil de connexion de la partie débrochable doit être fermé. Lorsque l'appareil de connexion ne peut être en position de fermeture (par exemple, par verrouillage), deux essais doivent alors être réalisés dans les conditions suivantes:

- la partie débrochable étant dans la position générant les plus courtes distances entre les contacts fixes et mobiles, et l'appareil de connexion de la partie débrochable étant ouvert;
- la partie débrochable étant dans l'autre position définie et l'appareil de connexion étant fermé.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Le paragraphe 6.2.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les modifications suivantes.

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essai applicables des Tableaux 1a ou 1b du 4.2 de l'IEC 62271-1:2007. Pour les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases, les colonnes (2) et (4) doivent être utilisées. Pour les tensions d'essai sur les distances de sectionnement, les colonnes (3) et (5) doivent être utilisées.

6.2.6.1 Essais de tension à fréquence industrielle

Le paragraphe 6.2.6.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les dispositions suivantes:

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle conformément à l'IEC 60060-1. Pour chaque condition d'essai, la tension d'essai doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y être maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec.

Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ électrique des connexions haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être déconnectés ou enlevés. Un transformateur, une bobine ou un dispositif analogue normalement connecté entre phases doit être déconnecté du pôle auquel est appliquée la tension d'essai.

Pendant les essais de tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la borne de terre et au feuillet métallique ou habillage conducteur aux points applicables sur l'appareillage sous enveloppe isolante solide. Exception est faite de la

situation où, pendant les essais selon le point b) de 6.2.5, il convient que le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension soit connecté à la borne de terre afin que la tension apparaissant entre une des parties quelconques sous tension et les parties destinées à être mises à la terre, ne dépasse pas la tension d'essai spécifiée au point a) de 6.2.5.

Si cela n'est pas possible, une borne du transformateur d'essai peut, avec l'accord du constructeur, être reliée à la terre et les parties destinées à être mises à la terre de l'appareillage doivent être, si nécessaire, isolées de la terre.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.6.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ électrique des connexions haute tension.

Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés. Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être mis en court-circuit et mis à la terre. Les enroulements primaires des transformateurs de courant peuvent aussi être mis en court-circuit.

Il convient d'appliquer la procédure B de l'IEC 60060-1:2010, Quinze chocs de foudre consécutifs à la tension assignée de tenue doivent être appliqués pour chaque condition d'essai et pour chaque polarité. En variante, la procédure C de l'IEC 60060-1:2010 peut être appliquée. Dans ce cas, l'essai est composé de trois chocs consécutifs pour chaque condition d'essai et pour chaque polarité. Cette procédure d'essai est appelée «méthode 3/9». La méthode 3/9 est acceptée uniquement si les trois phases sont soumises à essai.

Il peut être nécessaire pour certains types de matériaux isolants solides d'éliminer les charges résiduelles avant de commencer les essais avec la polarité opposée.

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée à la borne de terre et au feuillet métallique ou à l'habillage conducteur aux points applicables sur l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, sauf que, pendant les essais selon le point b) de 6.2.5, les parties destinées à être mises à la terre doivent, si nécessaire, être isolées de la terre de telle façon que la tension apparaissant entre une des parties actives et les parties destinées à être mises à la terre ne dépasse pas la tension d'essai spécifiée au point a) de 6.2.5.

6.2.7 Essais de l'appareillage de $U_r > 245$ kV

Le paragraphe 6.2.7 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.2.8 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Les essais doivent être conformes à l'Annexe BB.

Cet essai doit être réalisé après les essais aux chocs de foudre et les essais de tension à fréquence industrielle. Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ électrique des connexions haute tension.

NOTE Dans le cas de modèles constitués par la combinaison de composants classiques (par exemple, des transformateurs de mesure, des traversées), qui peuvent être soumis à essai séparément conformément aux normes qui leur sont applicables, le but de cet essai de décharges partielles est de vérifier l'assemblage de ces composants.

Cet essai peut être effectué sur des ensembles ou des sous-ensembles. Il convient de veiller à ce que des décharges partielles externes ne perturbent pas les mesurages.

Paragraphe complémentaire:

6.2.9.101 Niveau maximal admissible des décharges partielles

Le niveau maximal admissible des décharges partielles ne doit pas dépasser 20 pC pour chaque unité fonctionnelle, à $1,1 U_r$ tension phase-phase, voir le Tableau BB.1.

NOTE Pour les systèmes avec un neutre non directement mis à la terre, aucun niveau maximal de décharges partielles n'est spécifié en cas de défaut à la terre; à titre informatif uniquement, une tension phase-terre de 100 pC à $1,1 \times U_r$ semble être une limite acceptable.

En règle générale, il convient que le niveau autorisé pour un ensemble ou sous-ensemble soit le niveau le plus élevé permis pour chacun de ses composants.

6.2.10 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant peuvent être mis en court-circuit et déconnectés de la terre. Les enroulements secondaires des transformateurs de tension peuvent être déconnectés.

S'il existe des dispositifs de limitation de tension dans le circuit basse tension, ils doivent être déconnectés.

Les fonctions telles que l'indication ou la détection de tension (par exemple, VPIS, VIS et VDS) qui sont soumises à essai selon leurs normes applicables sont exclues.

6.2.11 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphe complémentaire:

6.2.101 Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles

Cet essai de type ne s'applique qu'à l'appareillage ayant une ou plusieurs tensions d'essai des câbles assignées.

Pour chaque valeur de tension d'essai des câbles assignée, les tensions d'essai suivantes doivent être appliquées:

- a) la tension assignée U_r doit être appliquée en tant que tension monophasée entre la terre et tous les conducteurs de phase du côté jeu de barres raccordés ensemble;
- b) la tension d'essai des câbles assignée U_{ct} (courant alternatif) ou U_{ct} (courant continu) doit être appliquée à tour de rôle à chaque pôle de la connexion d'essai des câbles. Les autres connexions d'essai des câbles doivent être connectées à la terre.

Les tensions d'essai doivent être appliquées simultanément.

Pour les tensions alternatives d'essai des câbles U_{ct} (courant alternatif), la durée de l'essai doit être de 1 min. Pour les tensions continues d'essai des câbles U_{ct} (courant continu), la durée de l'essai doit être de 15 min.

Pour les tensions alternatives d'essai de même fréquence, la polarité des deux tensions d'essai doit être opposée.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

6.4.1 Circuit principal

Le paragraphe 6.4.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

La résistance mesurée sur la totalité du circuit principal d'un ensemble d'appareillage sous enveloppe isolante solide indique le bon état du trajet du courant. Cette résistance mesurée doit être prise comme référence pour les essais individuels de série (se reporter au 7.3).

6.4.2 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 6.4.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphe complémentaire:

6.4.101 Exigences pour la catégorie de protection PB2

Si l'exigence du point g) de 5.102.3 est applicable, la résistance de la couche conductrice mise à la terre doit avoir une valeur maximale de 100 m Ω à la borne de terre de l'appareillage. Cela est démontré en alimentant la couche conductrice, aux points les plus défavorables avec 30 A en courant continu. La chute de tension correspondante à partir d'un point sur la couche près du point d'entrée doit être au maximum de 3 V.

Il peut être nécessaire d'effectuer une connexion, sur la couche conductrice, ayant une grande surface, de 1 cm² par exemple, afin d'éviter une densité trop élevée.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Lorsqu'il est prévu une possibilité de choix entre différents composants ou différentes dispositions, l'essai doit être effectué avec les composants ou dispositions donnant les conditions les plus sévères. L'unité fonctionnelle représentative doit être montée approximativement comme dans les conditions normales d'exploitation, avec toutes les enveloppes et les cloisons normales, tous les volets normaux, etc., et les capots et les portes fermés.

Les essais doivent être effectués normalement avec le nombre de phases assigné et le courant assigné en service continu circulant d'une extrémité des jeux de barres aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Pour l'essai des unités fonctionnelles individuelles, il convient que les unités voisines soient parcourues par un courant produisant les pertes de puissance prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut pas être effectué dans les conditions réelles.

Lorsque d'autres composants fonctionnels principaux sont installés à l'intérieur de l'enveloppe, ils doivent être parcourus par les courants produisant les pertes de puissance prévues pour les conditions assignées. Pour générer les mêmes puissances dissipées, des procédures équivalentes sont acceptables.

Les échauffements des différents composants doivent se référer à la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'enveloppe et ne doivent pas dépasser les valeurs spécifiées dans les normes dont ils relèvent. S'il n'est pas possible d'avoir une température constante de l'air ambiant, la température superficielle d'une enveloppe identique, placée dans les mêmes conditions d'air ambiant, peut être prise en référence.

6.5.1 États de l'appareillage à soumettre aux essais

Le paragraphe 6.5.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 6.5.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec la modification suivante:

Lorsque la connexion est réalisée dans un compartiment, la température des connexions provisoires doit être mesurée au point où elles quittent l'enveloppe et à une distance extérieure de 1 m. La différence de température ne doit pas dépasser 5 K.

6.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Le paragraphe 6.5.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.5.4 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 6.5.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.5.5 Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.5.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 6.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

a) Essais des circuits principaux

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante solide doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible assignés, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues, c'est-à-dire qu'ils doivent être soumis à l'essai selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide, avec tous les composants associés qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Les connexions aux équipements auxiliaires (comme les transformateurs de tension, les transformateurs auxiliaires, les parafoudres, les condensateurs d'amortissement, les systèmes de détection de tension et les équipements similaires) ne sont pas considérées comme faisant partie du circuit principal.

Les essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible doivent être effectués selon le nombre de phases assigné. Les transformateurs de courant et les déclencheurs éventuels doivent être installés comme dans les conditions normales d'exploitation, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

Les équipements ne comprenant pas de dispositif de limitation de courant peuvent être soumis à l'essai à toute tension convenable. Les équipements incorporant un dispositif de limitation de courant doivent être soumis à l'essai à la tension U_r . D'autres tensions d'essai peuvent être utilisées, s'il peut être démontré que le courant de crête appliqué et les effets thermiques en résultant sont tous deux égaux ou supérieurs à ceux obtenus avec la tension U_r .

Pour les équipements comprenant des dispositifs de limitation de courant, le courant présumé (crête, valeur efficace et durée) ne doit pas être inférieur aux valeurs assignées.

Dans le cas de disjoncteurs à déclencheur autonome, ces derniers doivent être réglés à leur valeur maximale de déclenchement.

Les fusibles limiteurs de courant éventuels doivent être munis des éléments de remplacement ayant le plus grand courant assigné spécifié.

Après l'essai, les composants ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent présenter ni déformation ni détérioration susceptibles de nuire au bon fonctionnement des circuits principaux. Les propriétés isolantes de l'enveloppe isolante solide doivent en particulier être intactes. Il peut être possible de détecter la présence de fissures dans l'isolation des composants enrobés de matériau isolant solide en réalisant un essai de décharges partielles (se reporter au 6.2.9).

b) Essais des circuits de terre

Les conducteurs de terre, les connexions de terre et les appareils de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante solide doivent être soumis à essai en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible assignés (I_k et I_{ke} , selon le cas). Ces conducteurs, connexions et appareils doivent être soumis à essai selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide, avec tous les composants associés qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Les essais de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible sur les appareils de mise à la terre doivent être effectués selon le nombre de phases assigné. Des essais monophasés doivent être effectués sur tous les circuits prévus pour assurer la liaison entre l'appareil de mise à la terre et le point de mise à la terre prévu.

S'il existe des appareils de mise à la terre amovibles, la connexion de terre entre la partie fixe et la partie amovible doit être soumise à l'essai dans les conditions correspondant au défaut à la terre. Le courant de défaut à la terre doit circuler entre le conducteur de terre de la partie fixe et le point de mise à la terre de la partie amovible. Lorsque l'appareil de mise à la terre de l'appareillage peut être manœuvré dans des positions différentes de la position normale de service, par exemple, dans le cas d'appareillages à double jeux de barres, un essai doit être réalisé dans ces différentes positions.

Une certaine déformation et une certaine détérioration du conducteur de terre, des connexions de terre ou des appareils de mise à la terre sont acceptables après l'essai, mais la continuité du circuit doit être maintenue.

Il convient qu'une inspection visuelle permette de vérifier que la continuité du circuit a été conservée.

En cas de doute, pour être certain que les connexions à la terre sont (toujours) effectives, la mise à la terre doit être vérifiée par un essai à courant continu de 30 A jusqu'au point de mise à la terre prévu. La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

6.6.1 Disposition de l'appareillage et du circuit d'essai

Le paragraphe 6.6.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Les équipements à soumettre aux essais doivent être disposés de façon à ce que les conditions les plus défavorables soient obtenues pour les longueurs maximales sans support du ou des jeux de barres, de la configuration des conducteurs et des connexions de l'équipement. Dans le cas d'un appareillage comprenant le même appareil de connexion dans plusieurs compartiments à haute tension, soit disposés côte à côte, soit de conception à

niveaux multiples, les essais doivent être réalisés dans la position la plus défavorable de l'appareil de connexion.

Les connexions d'essai aux bornes de l'appareillage doivent être disposées de manière à éviter des contraintes ou des efforts anormaux sur les bornes. La distance entre les bornes et les premiers supports des conducteurs d'essai de chaque côté de l'appareillage doit être conforme aux instructions du constructeur, mais doit tenir compte des exigences ci-dessus.

L'appareil de connexion doit être en position fermée et équipé de contacts propres et neufs.

Chaque essai doit être précédé par une manœuvre à vide de l'appareil de connexion mécanique et, exception faite des sectionneurs de mise à la terre, par un mesurage de la résistance du circuit principal.

L'installation d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai.

6.6.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.6.3 Comportement de l'appareillage au cours de l'essai

Le paragraphe 6.6.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.6.4 État de l'appareillage après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.7 Vérification de la protection

6.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 6.7.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide, les conditions de service exigent la fermeture de toutes les portes et de tous les capots, indépendamment du fait que leur verrouillage soit prévu ou non.

6.7.2 Vérification de la codification IK

Le paragraphe 6.7.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Il convient de réaliser les essais d'émission fixe sur une disposition type de l'appareillage, sur la base des règles de câblage normales du constructeur.

6.10 Essais diélectriques supplémentaires des circuits auxiliaires et de commande

6.10.1 Généralités

Le paragraphe 6.10.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 6.10.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Un essai fonctionnel de tous les circuits à basse tension doit être effectué pour vérifier le bon fonctionnement des circuits auxiliaires et de commande en liaison avec les autres parties de l'appareillage.

Les essais doivent être effectués en utilisant les valeurs limites supérieures et inférieures de la tension d'alimentation, définies en 4.8.

Pour les circuits, sous-ensembles et composants à basse tension, les essais fonctionnels peuvent être omis s'ils ont déjà été entièrement réalisés lors d'un essai appliqué à un appareillage analogue.

6.10.3 Essais de continuité électrique des parties métalliques reliées à la terre

Le paragraphe 6.10.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.4 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le paragraphe 6.10.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.10.5 Essais d'environnement

Le paragraphe 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les limites suivantes:

- les essais ne s'appliquent pas à l'appareillage pour l'intérieur fonctionnant dans les conditions normales de service, telles que définies à l'Article 2 de l'IEC 62271-1:2007;
- lorsque les essais spécifiés en 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 ont été réalisés sur des composants séparés d'un circuit auxiliaire et de commande représentatif, il n'est pas nécessaire de réaliser d'autres essais d'environnement;
- lorsque les essais sont réalisés, le 6.10.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable sur une disposition typique des circuits auxiliaires et de commande.

6.10.6 Essai diélectrique

Le paragraphe 6.10.6 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

6.11 Procédures d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

NOTE Cet essai s'applique à l'ampoule à vide et non à une unité fonctionnelle.

Paragraphes complémentaires:

6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

6.101.1 Généralités

En vue de vérifier leurs pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal et les sectionneurs de terre de l'appareillage sous enveloppe isolante solide doivent être soumis à l'essai conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi. Cela signifie qu'ils doivent être soumis à l'essai selon leur disposition normale dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide avec tous les composants associés dont la disposition peut influencer les caractéristiques, tels que connexions, supports, dispositifs d'échappement, etc. Ces essais ne sont pas nécessaires si les essais de fermeture et de coupure ont été réalisés sur les

appareils de connexion installés dans un appareillage sous enveloppe isolante solide dans des conditions plus contraignantes.

Lors de l'examen des composants associés susceptibles d'influencer les caractéristiques, il convient de porter une attention toute particulière aux forces mécaniques dues au court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, à la possibilité de décharges disruptives, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs peut être relativement négligeable dans certains cas.

Comme il n'est pas possible de couvrir toutes les configurations et tous les modèles potentiels des appareils de connexion, les procédures suivantes doivent être suivies:

- a) si les séries d'essais de fermeture et de coupure appropriées ont été réalisées avec l'appareil de connexion dans un compartiment représentatif, alors les essais définis ci-dessus sont également valides pour les compartiments dans des conditions identiques ou moins contraignantes;
- b) si des appareils de connexion déjà soumis à un essai de type, avec ou sans enveloppe, sont utilisés et si a) n'est pas applicable, les séries d'essais indiquées aux 6.101.2 et 6.101.3 ci-dessous doivent être répétées dans chacun des compartiments;
- c) lorsque les compartiments sont conçus pour accepter plus d'un type ou d'un modèle d'appareil de connexion particulier, chaque variante doit être entièrement soumise à l'essai conformément aux exigences du point a) ou, le cas échéant, du point b) ci-dessus.

Dans le cas de plusieurs compartiments à haute tension, soit disposés côte à côte, soit de conception à niveaux multiples, qui ne sont pas identiques mais sont conçus pour accepter le même appareil de connexion, les essais/série d'essais définis ci-dessus doivent être effectués dans le compartiment présentant les conditions les plus contraignantes, en respectant les exigences de chaque norme applicable.

6.101.2 Exigences d'essai pour les appareils de connexion principaux

Les séries d'essais suivantes doivent être réalisées selon le cas pour l'appareil de connexion.

IEC 62271-100: série d'essais T100s, T100a et essais au courant critique (lorsqu'ils existent), en tenant également compte des exigences de 6.103.4 de l'IEC 62271-100:2008 ou l'aménagement des connexions d'essai, le cas échéant.

IEC 62271-103: Dix manœuvres CO avec le courant de coupure de charge assigné principalement actif (Série d'essais TD_{charge}). Série d'essais TD_{ma} selon la classe applicable E1, E2 ou E3, à moins que l'interrupteur n'ait pas de pouvoir de fermeture sur court-circuit assigné.

IEC 62271-105: Séries d'essais TD_{isc} et la valeur la plus élevée de $TD_{transfer}$ et TD_{ito} .

IEC 62271-106: Vérification de la coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC) selon 6.106 de l'IEC 62271-106:2011.

6.101.3 Exigences d'essai pour la fonction de mise à la terre

La fonction de mise à la terre doit être soumise à essai conformément aux exigences de l'IEC 62271-102 pour les manœuvres de mise en court-circuit. Les essais doivent être réalisés conformément aux exigences applicables aux sectionneurs de terre de classe E1 ou de classe E2, selon le cas.

Lorsque la fonction de mise à la terre est réalisée par l'appareil de connexion principal avec un sectionneur de terre de classe E0, la classe E1 ou E2 pour la fonction de mise à la terre peut être assignée, comme défini dans l'IEC 62271-102. Pour cette disposition, la séquence d'essais doit alors être la suivante:

- pour la classe E1: 2C.
- pour la classe E2: $2C - x - 2C - y - 1C$, où x et y sont des manœuvres de connexion à vide ou arbitraires et 2C représente deux manœuvres C avec une manœuvre d'ouverture à vide intermédiaire, c'est-à-dire $C - O$ (à vide) – C.

Les exigences de 6.101.8 et 6.101.9 de l'IEC 62271-102:2001, Amendement 1:2011 et Amendement 2:2013 doivent s'appliquer au sectionneur de terre de classe E0 et à l'appareil de connexion principal.

NOTE La classification relative à la fonction de mise à la terre ne s'applique pas lorsque la mise à la terre est toujours réalisée par un disjoncteur dont la protection est active jusqu'à la mise effective à la terre.

6.102 Essais de fonctionnement mécanique

6.102.1 Appareils de connexion et parties amovibles

Les appareils de connexion doivent être soumis à essai conformément à la norme de produit dont ils relèvent, à moins qu'ils n'aient déjà été soumis à essai. Si une partie amovible est prévue pour être utilisée comme un sectionneur, la résistance mécanique doit alors être conforme à l'IEC 62271-102.

De plus, tous les appareils de connexion doivent être manœuvrés 50 fois C-O lorsqu'ils sont installés dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide.

Les parties amovibles doivent être mises en place 25 fois et enlevées 25 fois pour vérifier le bon fonctionnement de l'équipement. L'effort nécessaire à l'embrochage et au débrochage des parties doit être inférieur à 150 % de celui appliqué pour la première manœuvre.

Pour les unités fonctionnelles comprenant plusieurs appareils de connexion, les manœuvres peuvent être réalisées dans le cadre d'une séquence de manœuvres impliquant tous ces appareils de connexion. Lorsque la séquence comporte l'embrochage / débrochage d'une partie amovible, le nombre de séquences doit être réduit à 25. Toute manœuvre non comprise dans cette séquence doit être soumise à essai séparément.

Dans le cas d'équipements manœuvrés manuellement, la poignée de manœuvre manuelle normale doit être utilisée pour réaliser les essais.

6.102.2 Verrouillages

Les verrouillages doivent être placés dans toutes les positions prévues pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion, l'accès aux interfaces de manœuvre, et l'embrochage ou le débrochage des parties amovibles. Les essais suivants doivent être réalisés afin de tenter de mettre en défaut l'action des verrouillages:

- 25 tentatives d'ouverture de toute porte ou tout capot verrouillé;
- 50 tentatives d'accès à, ou de mise en place de, l'interface de manœuvre, lorsqu'un dispositif de verrouillage (volet, levier sélecteur, etc.) empêche l'accès ou la mise en place;
- 50 tentatives de manœuvre manuelle des appareils de connexion, lorsque l'interface de manœuvre est accessible;
- 10 tentatives de manœuvre manuelle de l'appareil de connexion dans la mauvaise direction doivent être réalisées en complément et en tout point de la séquence de 50 tentatives mentionnée ci-dessus;
- 25 tentatives d'embrochage et 25 tentatives de débrochage des parties amovibles.

La poignée de manœuvre manuelle normale doit être utilisée pour réaliser ces essais. Pendant les essais, l'effort de manœuvre normal appliqué doit être doublé. Dans le cas du verrouillage de l'arbre de manœuvre, un effort présumé de 750 N doit cependant être appliqué à mi-longueur de la partie de préhension de la poignée de manœuvre. Lorsque les poignées de manœuvre comportent un dispositif permettant de limiter l'effort de manœuvre,

l'effort d'essai maximal doit être limité à celui que la poignée peut appliquer, à condition que la poignée ne soit pas interchangeable avec d'autres poignées.

Pendant ces essais, aucun réglage ne doit être réalisé sur les appareils de connexion, les parties amovibles ou les verrouillages.

L'intégrité des volets ou autres dispositifs empêchant l'accès à l'interface de manœuvre doit être vérifiée conformément au 6.7.2 (vérification de la codification IK).

Lorsque seuls les verrouillages mécaniques sont conçus pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion motorisés, les essais supplémentaires suivants doivent être réalisés avec le moteur:

- 50 tentatives de manœuvre des appareils de connexion;
- 10 tentatives de manœuvre de l'appareil de connexion dans la mauvaise direction doivent être réalisées en complément et en tout point de la séquence de 50 tentatives mentionnée ci-dessus.

110 % de la tension assignée d'alimentation des circuits auxiliaires doivent être appliqués pendant 2 s.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si

- a) on ne peut pas manœuvrer les appareils de connexion;
- b) on ne peut pas accéder aux compartiments verrouillés (vérification par IP2X au moins; se référer à 6.7.1);
- c) on ne peut pas embrocher ni débrocher les parties amovibles;
- d) les appareils de connexion, les parties amovibles et les verrouillages restent en bon état de fonctionnement et l'effort nécessaire à leur manœuvre avant et après les essais ne diffère pas des efforts de manœuvre manuelle maximale (manœuvre manuelle) ou de la consommation d'énergie maximale (manœuvre motorisée) de plus de 50 %. Pour l'essai appliquant un effort de 750 N, une détérioration est acceptable à condition que le verrouillage empêche toujours la manœuvre.

NOTE Ces essais peuvent être réalisés dans le cadre de la séquence d'essais de manœuvres mécaniques.

6.103 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz

6.103.1 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz avec limiteurs de pression

Chaque modèle de compartiment à remplissage de gaz doit être soumis à un essai de pression selon la procédure suivante:

- la pression relative doit être augmentée jusqu'à atteindre une valeur de 1,3 fois la pression de calcul du compartiment pendant 1 min. Le limiteur de pression ne doit pas fonctionner;
- ensuite, la pression doit être augmentée jusqu'à une valeur maximale de 3 fois la pression de calcul. Il est admis que le limiteur de pression fonctionne, selon la conception prévue par le constructeur, en dessous de cette valeur. La pression d'ouverture doit être notée dans le rapport d'essai de type. Après l'essai, le compartiment peut être déformé, mais ne doit pas se rompre.

Pendant les essais, les compartiments adjacents doivent être à la pression atmosphérique.

NOTE Ces essais ont pour objet de vérifier la tenue aux surpressions dans les conditions de service. On tient compte de la différence de pression lors de l'évacuation des compartiments adjacents.

6.103.2 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz sans limiteurs de pression

Chaque modèle de compartiment à remplissage de gaz doit être soumis à un essai de pression selon la procédure suivante:

- la pression relative doit être augmentée jusqu'à atteindre une valeur de 3 fois la pression de calcul du compartiment pendant 1 min. Après l'essai, le compartiment peut être déformé, mais ne doit pas se rompre.

Pendant les essais, les compartiments adjacents doivent être à la pression atmosphérique.

NOTE Cet essai a pour objet de vérifier la tenue aux surpressions dans les conditions de service. On tient compte de la différence de pression lors de l'évacuation des compartiments adjacents.

6.104 Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques

6.104.1 Généralités

Ce paragraphe s'applique à l'enveloppe isolante solide et aux cloisons (et volets) prévues pour la protection contre les parties sous tension. Lorsque ces cloisons contiennent des traversées, des essais doivent être réalisés dans les conditions appropriées, c'est-à-dire avec les parties primaires des traversées sectionnées et mises à la terre.

L'enveloppe à isolation solide, les cloisons et les volets, ainsi que les parties à haute tension enrobées de matériau isolant solide, destinées à rester sous tension en cas d'accès au compartiment à haute tension, doivent être soumises à essai.

6.104.2 Essais diélectriques

- a) L'isolation entre les parties actives du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante solide et des cloisons et volets isolants solides, doit supporter les tensions d'essai spécifiées au 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 pour les essais de tension à la terre et entre les pôles. Se référer au point a) de 6.2.5 pour le montage d'essai.
- b) Un échantillon représentatif du matériau isolant solide doit supporter la tension d'essai à fréquence industrielle spécifiée au point a). Il convient d'appliquer les méthodes d'essai appropriées données dans l'IEC 60243-1; se reporter à [4] de la Bibliographie.

Dans le cas des parties à haute tension enrobées de matériau isolant solide, il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai.

- c) L'isolation entre les parties actives du circuit principal et la surface interne des cloisons et/ou volets isolants solides qui leur font face doit être soumise à l'essai à 150 % de la tension U_r pendant 1 min. Pour cet essai, la surface interne de la cloison ou du volet doit être mise à la terre par une couche conductrice (par exemple, un feuillet métallique mis à la terre) d'au moins 100 cm², mise en place au point le plus contraignant.
- d) Essais complémentaires (pour la catégorie de protection PB1 uniquement).

Si les exigences des points e) ou f) de 5.102.3 sont applicables, on doit prouver l'aptitude nécessaire pour supporter une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension U_r pendant 1 min.

Dans le cas d'une seconde couche isolante solide, cette couche doit être soumise à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension U_r pendant 1 min. Se reporter au point c). Cette couche peut être soumise à l'essai séparément dans sa forme prévue.

Dans le cas d'une isolation par fluide, ce fluide d'isolation doit être remplacé par de l'air ambiant. L'essai c) ci-dessus doit alors être répété, la couche conductrice d'au moins 100 cm² étant mise en place aux points applicables.

6.104.3 Mesurage des courants de fuite

Pour les enveloppes, cloisons, volets ou parties à haute tension enrobées de matériau isolant solide, destinées à rester sous tension lorsque le compartiment est ouvert, on doit effectuer les essais suivants pour vérifier la conformité aux exigences du point d) de 5.102.3.

A l'initiative du constructeur, le circuit principal doit être connecté soit à une source triphasée à fréquence industrielle dont la tension est égale à la tension U_r , une phase étant mise à la terre, soit à une source monophasée dont la tension est égale à la tension U_r , les parties actives du circuit principal étant connectées entre elles. Pour les essais en triphasé, trois mesurages doivent être faits avec les différentes phases de la source reliées successivement à la terre. Dans le cas d'essais en monophasé, un seul mesurage suffit.

Un feuillet métallique doit être appliqué à l'endroit le plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'isolant solide assurant la protection contre les contacts avec les parties sous tension. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété en plaçant la feuille à des endroits différents.

La surface de ce feuillet métallique, approximativement circulaire ou carrée, doit être aussi grande que possible, mais ne doit pas dépasser 100 cm², et doit être connectée au conducteur de terre, sans aucune impédance ajoutée de manière intentionnelle. Le courant de fuite s'écoulant à la terre par le feuillet métallique doit être mesuré, l'isolant étant sec et propre.

La valeur du courant de fuite mesuré ne doit pas dépasser 0,5 mA. Si le chemin continu sur les surfaces isolantes solides est interrompu, comme indiqué au point d) de 5.102.3, par d'étroits espaces de gaz ou de liquide, ces espaces doivent être pontés électriquement. Lorsque ces espaces sont prévus pour éviter le passage d'un courant de fuite entre les parties actives et les parties accessibles des cloisons et volets isolants solides, les espaces doivent supporter les tensions d'essai spécifiées au 4.2 de l'IEC 62271-1:2007 pour les essais de tension à la terre et entre les pôles.

Le courant de fuite doit être également mesuré dans les conditions qui représentent la condensation et un niveau de pollution légère le cas échéant, se reporter au 6.107.

6.105 Essais d'arc dû à un défaut interne

6.105.1 Généralités

L'essai est applicable à l'appareillage sous enveloppe isolante solide, destiné à être classifié IAC en cas de défaut d'arc dans l'enveloppe ou dans les composants ayant des parois faisant partie intégrante de l'enveloppe, dans les conditions normales de fonctionnement. L'essai d'arc interne tient compte des effets agissant sur toutes les parties de l'enveloppe, tels que la suppression interne, les effets thermiques de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et des particules incandescentes.

Les essais ne couvrent pas les éléments suivants, par exemple:

- les influences d'un arc interne entre compartiments, ni les dommages causés sur les cloisons et les volets internes non accessibles dans les conditions normales de fonctionnement;
- les connexions externes à l'extérieur de l'enveloppe;
- les effets dus à une explosion des composants à haute tension;
- la formation de gaz toxiques qui pourraient être présents, ou le danger de propagation d'incendie à des matériaux ou équipements combustibles placés au voisinage de l'appareillage sous enveloppe isolante solide;
- le changement d'état des volets lors du déplacement des parties débouchables ou amovibles.

NOTE Les exigences applicables sont identiques à celles indiquées dans l'IEC 62271-200.

6.105.2 Conditions d'essai

L'essai doit être réalisé avec l'appareillage dans les conditions normales de fonctionnement. Ceci signifie que la position des appareils de connexion à haute tension, des parties embrochables assurant une connexion ou une séparation, est fixée de façon à réaliser le circuit d'alimentation selon AA.5.1. Tous les autres équipements, par exemple, les instruments de mesure et les équipements de surveillance, doivent être dans la position correspondant au service normal. Si pour réaliser des manœuvres, il est nécessaire qu'un capot soit déposé et/ou qu'une porte soit ouverte, l'essai d'arc interne doit être réalisé avec le capot déposé et/ou la porte ouverte.

La dépose ou le remplacement de composants (par exemple, des fusibles haute tension ou tout autre composant démontable) n'est pas considéré comme une opération normale, de même que les opérations nécessaires pour réaliser des travaux de maintenance.

L'essai doit être réalisé dans chaque compartiment à haute tension des unités fonctionnelles représentatives (se reporter à 6.105.3).

Les compartiments protégés par des fusibles limiteurs de courant satisfaisant à leurs propres essais de type doivent être soumis à essai avec le type de fusible produisant le plus grand courant coupé limité. La durée réelle de la circulation du courant est contrôlée par les fusibles. Le compartiment soumis à essai est désigné comme «protégé par fusibles». Les essais doivent être réalisés à la tension maximale assignée de l'équipement.

L'utilisation de fusibles limiteurs de courant appropriés en combinaison avec des appareils de connexion peut limiter le courant de court-circuit et minimiser la durée du défaut. Il est bien établi que l'énergie d'arc produite durant un tel essai ne peut pas être prédite par I^2t . Dans le cas de fusibles limiteurs de courant, l'énergie d'arc maximale peut être produite à une valeur du courant inférieure à la valeur de coupure maximale assignée. De plus, les effets produits par les dispositifs de limitation de courant qui emploient des procédés pyrotechniques pour commuter le courant vers un fusible limiteur de courant doivent être pris en considération lors de l'évaluation des modèles utilisant ces dispositifs.

Tous les dispositifs (par exemple, les relais de protection) qui peuvent automatiquement ouvrir le circuit avant la fin prévue de l'essai doivent être mis hors service pendant l'essai. Si des compartiments ou des unités fonctionnelles sont équipés avec des dispositifs prévus pour limiter la durée de l'arc lui-même par d'autres moyens (par exemple, en commutant le courant vers un court-circuit métallique), ceux-ci doivent être mis hors service pendant l'essai. Si ces dispositifs font partie intégrante de la conception du compartiment ou de l'ensemble qui les empêche d'être mis hors service sans modification de la construction, le compartiment approprié de l'appareillage peut être soumis à essai avec le dispositif en service, mais ce compartiment doit être qualifié pour la durée réelle de l'arc. Le courant d'essai doit être maintenu pendant la durée de court-circuit assignée du circuit principal.

Dans la mesure où en règle générale les dispositifs limiteurs d'arc ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme et si l'appareillage a déjà été soumis à essai avec le dispositif limiteur mis hors service, un essai supplémentaire peut être réalisé pour vérifier le comportement de ce dispositif limiteur d'arc.

6.105.3 Disposition de l'appareil

L'appareil doit être disposé de la manière suivante:

- L'échantillon d'essai doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des maquettes de composants intérieurs, à condition que leurs volumes et le matériau de leurs parties externes soient identiques à ceux de l'original et qu'ils ne concernent pas le circuit principal ni le circuit de terre.
- Chaque compartiment à haute tension d'une unité fonctionnelle doit être soumis à essai. Dans le cas d'un appareillage constitué d'unités indépendantes extensibles (modulaires), l'échantillon d'essai doit en général être constitué de deux unités connectées ensemble

comme en service, sauf si le constructeur spécifie un nombre minimal d'unités fonctionnelles. L'essai doit être réalisé au moins dans tous les compartiments de l'unité fonctionnelle de l'extrémité de l'appareillage la plus éloignée du mur du dispositif de simulation du local. Si l'essai concerne des unités non destinées à être utilisées comme une unité d'extrémité dans les conditions de service, elles doivent être placées le plus près possible de la face latérale classifiée de l'ensemble dans une disposition comportant plus de deux unités.

NOTE 1 Une unité indépendante correspond à un assemblage qui peut contenir dans une enveloppe commune une ou plusieurs unités fonctionnelles juxtaposées horizontalement ou verticalement (conception à niveaux multiples).

- L'échantillon d'essai doit être mis à la terre au point de mise à la terre prévu;
- Les essais doivent être réalisés dans des compartiments non préalablement soumis à l'arc ou, si déjà soumis à l'arc, dans un état qui n'affecte pas le résultat de l'essai;
- Dans le cas de compartiments à remplissage de fluide (autre que le SF₆), l'essai doit être réalisé avec le fluide d'origine à la pression de remplissage assignée ($\pm 10\%$);
- Pour des raisons environnementales, Il est recommandé de remplacer le SF₆ par de l'air à la pression de remplissage assignée ($\pm 10\%$).

NOTE 2 Les résultats de l'essai réalisé avec de l'air à la place de SF₆ sont considérés comme représentatifs.

6.105.4 Procédure d'essai

La méthode de vérification de la classification arc interne est définie en AA.5.

6.105.5 Critères de réussite de l'essai

L'appareillage sous enveloppe isolante solide est qualifié comme étant classifié IAC (selon le type d'accessibilité applicable) si les critères suivants sont satisfaits:

Critère n° 1

Les portes et les capots correctement verrouillés ne s'ouvrent pas. Les déformations sont acceptables, à condition qu'aucune partie ne vienne aussi loin que la position des indicateurs ou des murs (le plus proche des deux) sur toutes les faces. Il n'est pas nécessaire que les appareillages satisfassent à leur indice de protection IP après l'essai.

Pour étendre l'application du critère d'acceptation à une installation montée plus proche du mur que pendant l'essai, deux conditions supplémentaires doivent être satisfaites:

- la déformation permanente est inférieure à la distance au mur envisagée;
- les gaz d'échappement ne sont pas dirigés vers le mur.

Critère n° 2

- Aucune fragmentation de l'enveloppe ne survient;
- Aucune projection de petits morceaux ou d'autres parties de l'appareillage jusqu'à une masse individuelle de 60 g ou plus ne survient;
- Des objets d'une masse individuelle de 60 g ou plus tombant sur le sol à proximité immédiate de l'appareillage sont acceptés (dans le cas des faces accessibles, ceci correspond à la distance entre l'appareillage et le support des indicateurs).

Critère n° 3

L'arc ne crée pas d'ouverture par perforation dans les faces classifiées jusqu'à une hauteur de 2 000 mm.

NOTE Les ouvertures dans l'enveloppe créées après la durée de l'essai par des effets autres que la perforation ne sont pas prises en compte.

Critère n° 4

Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de gaz chauds ou de liquides brûlants.

Si les indicateurs se sont enflammés pendant l'essai, le critère d'évaluation peut néanmoins être considéré comme étant satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire pour établir la preuve.

On ne tient également pas compte de l'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture.

Critère n° 5

La continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée (se reporter au point b) de 6.6).

6.105.6 Rapport d'essai

En complément aux spécifications de 6.1.3, les éléments suivants s'appliquent:

- description de l'unité d'essai, accompagnée d'un plan avec les dimensions principales, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, la disposition des clapets de détente et la méthode de fixation au plancher et/ou aux murs de l'appareillage sous enveloppe isolante solide;
- la distance entre la partie supérieure de l'appareillage et le plafond du local / bâtiment. À cet effet, le constructeur doit préciser le point de l'appareillage à partir duquel cette distance est mesurée. Dans la mesure où la distance entre la partie supérieure de l'appareillage et le plafond dans les conditions d'arc interne peut être différente de celle existant dans les conditions normales de fonctionnement, il convient que le rapport d'essai fournisse des informations sur la validité des résultats d'essai concernant la hauteur de plafond de l'installation. La hauteur de plafond est toujours indiquée à partir du plancher ou du niveau du faux plancher où est installé réellement l'appareillage. Il s'agit également du niveau où les supports des indicateurs sont placés lors de l'essai IAC, se reporter à la Figure AA.5.
- point et méthode d'amorçage du défaut d'arc interne;
- dessins de l'installation d'essai (simulation du local, échantillon d'essai et cadre de montage des indicateurs) en cohérence avec le type d'accessibilité (A), les faces classifiées (F, L ou R) et les conditions d'installation;
- tension appliquée et fréquence;
- concernant le courant présumé ou le courant d'essai:
 - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;
 - b) valeur de crête la plus grande;
 - c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle d'essai;
 - d) durée d'essai;
- enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions;
- évaluation des résultats d'essai, comprenant la liste des observations correspondant à 6.105.5.
- autres informations utiles.

6.105.7 Extension des résultats d'essai

La validité des résultats d'un essai réalisé sur une unité fonctionnelle d'un modèle particulier d'appareillage sous enveloppe isolante solide peut être étendue à un autre (se reporter au 6.1), à condition que le premier ait été soumis à l'essai dans les conditions les plus

contraignantes et que le suivant puisse être considéré comme similaire à celui soumis à essai pour les aspects suivants:

- dimensions;
- structure et robustesse de l'enveloppe;
- architecture de la cloison;
- performance du limiteur de pression, s'il existe;
- système d'isolation;
- influences physiques (accroissement de pression, débit gazeux et effets thermiques).

6.106 Essai de stabilité thermique

Lorsque la majeure partie de l'isolation entre les parties conductrices consiste en une isolation solide, le constructeur doit prouver que la stabilité des matériaux isolants solides utilisés ne sera pas compromise par des contraintes diélectriques et des influences thermiques.

Cette preuve peut être donnée sur la base d'essais réalisés sur des configurations comparables, sur la base des propriétés des matériaux isolants solides (pertes diélectriques en fonction de la température) ou en réalisant un essai de stabilité thermique sur l'ensemble de l'équipement ou sur une partie représentative de ce dernier.

Cet essai n'est pas nécessaire si des gaz ou des liquides constituent la majeure partie de l'isolation.

L'essai de stabilité thermique se compose d'un essai de 100 h avec une tension à la fréquence industrielle égale à 180 % de la tension U_r à la température atteinte pendant un essai d'échauffement selon 6.5 lorsque la température de l'air ambiant est de 40 °C.

Le circuit principal doit être mis sous tension par une alimentation mise à la terre, à l'aide d'une alimentation triphasée avec un neutre mis à la terre pour les appareillages triphasés. Le conducteur de terre et toutes les parties métalliques destinées à être mises à la terre doivent être reliés à la terre.

L'essai peut être effectué séparément à partir de l'essai d'échauffement en prenant l'échauffement le plus élevé mesuré pendant l'essai d'échauffement, augmenté de 40 °C.

Si aucune décharge disruptive ne se produit, l'appareillage sous enveloppe isolante solide doit être considéré comme ayant réussi l'essai.

6.107 Essai d'humidité

L'essai d'humidité doit être réalisé si l'enveloppe n'est pas entièrement recouverte d'une couche conductrice, reliée à la terre et ayant une résistance inférieure à 96 k Ω , lorsque la mesure est effectuée entre un point quelconque sur l'enveloppe et le point de mise à la terre prévu.

NOTE La valeur de 96 k Ω est choisie afin de maintenir la tension de contact maximale en dessous de 48 V.

L'essai doit être effectué selon l'Annexe DD.

7 Essais individuels de série

L'Article 7 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

L'essai individuel de série doit être effectué sur toutes les unités de transport et, chaque fois que la pratique le permet, dans les usines du constructeur, en vue de s'assurer que le produit est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Se reporter à l'Article 7 de l'IEC 62271-1:2007, en ajoutant les essais individuels de série suivants:

- mesurage des décharges partielles: 7.101
- essais de fonctionnement mécanique: 7.102
- essais de pression des compartiments à remplissage de gaz (le cas échéant): 7.103
- essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques
(le cas échéant): 7.104
- essais après montage sur le site: 7.105
- mesurage de l'état du fluide après remplissage sur site: 7.106

Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des composants de caractéristiques assignées et de construction identiques (se reporter à l'Article 5).

7.1 Essai diélectrique du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément et l'exception suivants:

L'essai de tension à fréquence industrielle doit être effectué suivant les exigences du 6.2.6.1. La tension d'essai spécifiée aux Tableaux 1a et 1b, colonne 2, de l'IEC 62271-1:2007 doit être appliquée en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'alimentation d'essai, les autres conducteurs de phase étant reliés à la terre et la continuité du circuit principal étant assurée (par exemple, en fermant les appareils de connexion, ou d'une autre manière).

Afin de vérifier la conformité avec l'exigence du point a) du 5.102.3, l'enveloppe isolante solide doit être entourée de plaques métalliques mises à la terre ou d'un dispositif équivalent. Les distances d'écartement de ces plaques doivent être inférieures ou égales à celles spécifiées pour les conditions de service, et ce, par rapport aux murs, plafond et sol. Pour les faces accessibles, les plaques métalliques mises à la terre doivent être placées en contact direct avec l'enveloppe. Se reporter à 6.2.5.

La tension d'essai peut être appliquée à une valeur supérieure à la fréquence assignée afin d'éviter toute déconnexion des transformateurs de tension.

Pour les compartiments à remplissage de gaz des systèmes à pression scellés, les essais doivent être effectués à la pression (ou densité) de remplissage assignée du gaz isolant (se reporter au 4.11). Pour les systèmes à pression autonome ou les systèmes à pression entretenue, les essais doivent être réalisés à la pression (ou densité) de fonctionnement minimale du gaz isolant.

7.2 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les modifications suivantes:

Cet essai fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Lorsque la configuration à soumettre à essai ne fait pas l'objet d'un essai d'échauffement, il convient que les conditions de l'essai et les limites des valeurs de résistance fassent également l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

7.4 Essai d'étanchéité

Le paragraphe 7.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le paragraphe 7.5 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Paragraphes complémentaires:

7.101 Essai de décharges partielles

Le mesurage des décharges partielles doit être réalisé pour détecter des défauts possibles de matière et de fabrication.

Les essais de décharges partielles doivent être conformes à l'Annexe BB avec les critères d'essai définis en 6.2.9.101.

Les essais à fréquence industrielle conformes à 6.2.6.1 doivent au moins être concluants avant de procéder à l'essai de validation de décharges partielles.

7.102 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement sont effectués pour s'assurer que les appareils de connexion et les parties amovibles satisfont aux conditions de manœuvre requises et que les verrouillages mécaniques fonctionnent correctement.

Les essais doivent être réalisés conformément aux spécifications du 6.102, à l'exception des éléments suivants:

- les efforts de manœuvre normale doivent être utilisés;
- 5 manœuvres ou tentatives doivent être réalisées dans chaque direction.

Ces essais doivent être effectués sans tension ni courant dans les circuits principaux. Il doit être vérifié que:

- les appareils de connexion s'ouvrent et se ferment correctement dans les limites spécifiées de la tension et de la pression d'alimentation de leurs dispositifs de manœuvre;
- chaque partie amovible peut être embrochée et débrochée correctement;
- tous les verrouillages fonctionnent correctement.

7.103 Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz

Des essais de pression doivent être effectués sur tous les compartiments à remplissage de gaz après fabrication. Chaque compartiment doit être soumis à une pression d'essai égale à 1,3 fois la pression de calcul pendant 1 min.

Cela ne s'applique pas aux compartiments scellés à pression de remplissage assignée inférieure ou égale à 50 kPa (pression relative).

Après cet essai, les compartiments ne doivent présenter aucun signe de dommage ou de déformation susceptible d'affecter le fonctionnement de l'appareillage.

7.104 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être soumis à l'essai cinq fois de suite, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, pour les valeurs limites les plus défavorables de la source auxiliaire. Pendant l'essai, aucun réglage ne doit être effectué.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont en bon état de fonctionnement après les essais et si l'effort nécessaire à leur manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

7.105 Essais après montage sur le site

Après montage, l'appareillage sous enveloppe isolante solide doit être soumis à l'essai pour en vérifier le fonctionnement correct.

Pour les parties qui sont assemblées sur le site et pour les compartiments à remplissage de gaz qui sont remplis sur le site, il convient de réaliser les essais suivants:

a) Essai de tension du circuit principal:

Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, des essais de tension à fréquence industrielle peuvent être effectués à sec sur les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, après montage sur le site, exactement de la même manière que ceux spécifiés au 7.1 pour les essais individuels de série dans les locaux du constructeur.

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être de 80 % des valeurs indiquées au 7.1 et doit être appliquée à chaque conducteur de phase du circuit principal avec les autres conducteurs de phase mis à la terre, successivement. Pour les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à l'installation de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante solide.

Si l'essai de tension après montage sur le site remplace l'essai individuel de série dans les locaux du constructeur, on doit appliquer la pleine tension d'essai à fréquence industrielle.

Il convient de déconnecter les transformateurs de tension pendant les essais diélectriques sur site, à moins que la fréquence d'essai utilisée pour l'essai sur site ne soit suffisamment élevée pour éviter la saturation de leur noyau.

Les dispositifs de limitation de la surtension doivent être déconnectés.

b) Essais d'étanchéité: le 7.4 est applicable.

c) Mesurage de l'état du fluide après remplissage sur le site: le 7.106 est applicable.

7.106 Mesurage de l'état du fluide après remplissage sur le site

L'état du fluide dans les compartiments à remplissage de fluide doit être déterminé, et doit être conforme à la spécification du constructeur.

8 Guide pour le choix de l'appareillage

L'Article 8 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

Paragraphes complémentaires:

8.101 Généralités

L'appareillage sous enveloppe isolante solide comporte soit

- une catégorie de protection PB pour les installations généralement accessibles (locaux de service), ou

- en partie une catégorie de protection PA et en partie une catégorie de protection PB, pour les installations accessibles aux opérateurs qualifiés uniquement (locaux de service électriques fermés).

NOTE 1 L'application des catégories PA et PB est expliqué en 5.102.2.

NOTE 2 Pour les définitions de «local de service» et de «local de service électrique fermé», se reporter à l'IEC 61936-1 en [8] de la Bibliographie.

L'appareillage sous enveloppe isolante solide peut être construit sous différentes formes qui ont été modifiées en fonction des évolutions technologiques et des exigences fonctionnelles. Le choix d'un appareillage sous enveloppe isolante solide implique essentiellement l'identification des exigences fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation et de la constitution des cloisonnements internes qui satisfont le mieux à ces exigences.

Il convient de tenir compte de la législation applicable et des règlements de sécurité des utilisateurs pour définir ces exigences.

Le Tableau 104 résume les considérations à prendre en compte pour spécifier l'appareillage.

8.102 Choix des caractéristiques assignées

Pour des contraintes en service données, l'appareillage sous enveloppe isolante solide est choisi en tenant compte des valeurs assignées individuelles de ses composants, requises par les conditions en charge normale et de défaut. Les valeurs assignées d'un assemblage d'appareillages peuvent être différentes de celles de leurs composants.

Il convient de choisir les valeurs assignées conformément à la présente norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. Une liste des caractéristiques assignées est indiquée à l'Article 4.

Il convient aussi de considérer d'autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m.

Il convient de déterminer les contraintes imposées par les conditions de défaut en calculant les courants de défaut à l'endroit où l'installation de l'appareillage sous enveloppe isolante solide est prévue dans le réseau. Se reporter à l'IEC 60909-0 pour cet aspect. Se reporter à [7] de la Bibliographie.

8.103 Choix du modèle et de sa construction

8.103.1 Généralités

On identifie normalement un appareillage sous enveloppe isolante solide par sa technologie d'isolation (par exemple, matériau isolant solide, isolé dans l'air ou dans un gaz) et par sa structure fixe ou débrochable. L'étendue sur laquelle il convient que des composants individuels soient débrochables ou amovibles dépend en premier lieu des exigences (s'il y en a) de maintenance et/ou des dispositions d'essai.

Le développement d'appareils de connexion à maintenance réduite a diminué la nécessité d'un suivi fréquent des composants soumis à l'usure de l'arc. Cependant, la nécessité d'accessibilité à des composants consommables, par exemple des fusibles ou pour une inspection ou des essais occasionnels des câbles, subsiste. La lubrification et le réglage de parties mécaniques peuvent également être nécessaires, et c'est la raison pour laquelle certaines conceptions peuvent rendre accessibles les parties mécaniques en les plaçant à l'extérieur des compartiments à haute tension.

La préférence donnée par l'utilisateur pour un matériau isolant solide, pour une isolation dans l'air ou dans un fluide et pour une structure fixe ou débrochable, peut être déterminée par l'importance donnée à l'accès pour la maintenance et/ou la possibilité de tolérer une mise hors tension complète de l'appareillage. Si la demande de maintenance n'est pas fréquente,

comme c'est souvent la pratique privilégiée actuellement, les ensembles équipés avec des composants à faible maintenance peuvent répondre au besoin de façon bien adaptée. Les ensembles fixes, en particulier ceux employant des composants à faible maintenance, peuvent constituer une alternative intéressante en termes de coût sur la durée de vie du produit.

Dans le cas où un compartiment contenant le circuit principal est ouvert, un fonctionnement en toute sécurité de l'appareillage nécessite (indépendamment de la structure fixe ou débrochable) qu'il convient que les parties sur lesquelles un travail est à réaliser soient isolées de toutes les sources d'alimentation et mises à la terre. De plus, il convient que les dispositifs de sectionnement utilisés pour l'isolation soient verrouillés contre une reconnexion.

8.103.2 Architecture et accessibilité aux compartiments à haute tension

La structure des cloisonnements internes définis dans la présente norme tente de faire la part entre des exigences telles que la continuité de service et la maintenabilité. Dans ce paragraphe, des indications sont données pour définir dans quelle mesure les différentes variantes peuvent satisfaire aux besoins de maintenabilité.

NOTE 1 Les cloisonnements insérés temporairement sont destinés à prévenir un contact accidentel avec des parties actives lors de la réalisation de certaines procédures de maintenance sont décrits au 10.4.

NOTE 2 Si l'utilisateur applique d'autres procédures de maintenance, telles que l'établissement de distances de sécurité et/ou la mise en place et l'utilisation de barrières temporaires, celles-ci sont hors du domaine d'application de la présente norme.

La description complète de l'appareillage inclut la liste et le type des compartiments à haute tension, par exemple, compartiment jeu de barres, compartiment disjoncteurs, etc., le type d'accessibilité prévu pour chacun et la structure (débrochable ou non).

Il existe quatre types de compartiments à haute tension, trois étant accessibles par l'utilisateur et un non accessible.

Trois méthodes pour contrôler l'ouverture d'un compartiment à haute tension accessible sont définies:

- la première, par l'utilisation de verrouillages assurant que toutes les parties actives internes sont hors tension et mises à la terre avant ouverture, ou qu'elles sont en position de sectionnement avec les volets correspondants fermés. Ces compartiments sont désignés «compartiments accessibles contrôlés par verrouillage». Sont exclues les parties à haute tension enrobées de matériau isolant solide, destinées à rester sous tension en cas d'accès au compartiment à haute tension; il convient qu'elles présentent un degré de protection conformément à la présente norme.

En règle générale, il peut être possible d'ouvrir manuellement les volets ou les cloisons amovibles temporaires après accès au compartiment à haute tension.

- la deuxième, basée sur les procédures de l'utilisateur et l'utilisation de dispositifs de condamnation pour assurer la sécurité, le compartiment étant pourvu de dispositifs pour permettre la mise en place de cadenas ou de moyens équivalents; ce type de compartiment est désigné «compartiment accessible selon procédure»;
- la troisième ne prévoit aucun dispositif intégré pour assurer la sécurité électrique avant l'ouverture. Ces compartiments nécessitent des outils pour l'ouverture, et sont désignés «compartiments accessibles par outillage».

Les deux premiers types de compartiment à haute tension accessibles sont à la disposition de l'utilisateur et sont destinés aux manœuvres et à la maintenance normales. Les capots et/ou portes correspondant à ces deux types de compartiments à haute tension accessibles ne nécessitent pas l'utilisation d'outils pour leur ouverture.

Lorsque l'ouverture du compartiment à haute tension nécessite des outils, cela constitue normalement une indication claire selon laquelle il convient que l'utilisateur prenne d'autres

mesures pour assurer la sécurité, voire pour assurer le maintien des performances, par exemple, celles concernant les conditions d'isolation.

Compartiment à haute tension non accessible: Il n'est prévu aucun accès pour les utilisateurs et son ouverture peut conduire à mettre hors d'usage tout le compartiment. L'indication claire de ne pas l'ouvrir est soit prévue sur le compartiment, soit est déterminée par ses caractéristiques constructives, par exemple, un moulage complet de l'isolation solide.

8.103.3 Continuité de service de l'appareillage

L'enveloppe isolante solide est destinée à procurer un niveau de protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et la protection de l'équipement contre la pénétration d'objets solides étrangers. Il est aussi possible d'assurer un niveau de protection contre une défaillance de l'isolation par rapport à la terre (masse) avec des capteurs appropriés et des dispositifs de commande auxiliaires.

La catégorie de perte de continuité de service (LSC) de chaque unité fonctionnelle de l'appareillage décrit dans quelle mesure les autres compartiments à haute tension et/ou unités fonctionnelles peuvent rester sous tension lorsqu'un compartiment de cette unité fonctionnelle contenant un circuit principal est ouvert.

Catégorie **LSC1**: Cette conception n'est pas prévue pour assurer une continuité de service pendant l'ouverture de tout compartiment accessible et peut nécessiter le sectionnement complet de l'appareillage par rapport au réseau et sa mise hors tension avant de procéder à l'ouverture.

Famille de catégories **LSC2**: Ces types de conception sont prévus pour permettre d'assurer au maximum la continuité de service du réseau lors de l'accès aux compartiments à haute tension internes de l'appareillage. Ceci signifie qu'il est possible d'ouvrir les compartiments à haute tension accessibles dans une unité fonctionnelle tout en laissant sous tension les autres unités fonctionnelles de la même section. Ceci implique qu'au moins un jeu de barres peut rester sous tension. L'insertion d'une cloison amovible peut être utilisée pour obtenir cette catégorie.

La catégorie LSC2 nécessite au minimum la possibilité d'ouvrir le compartiment connexions tout en laissant sous tension le ou les jeux de barres. Il peut y avoir ou non d'autres compartiments à haute tension accessibles (par exemple, appareil de connexion principal).

La catégorie LSC2A s'applique à l'appareillage qui dispose de compartiments accessibles autres que les compartiments connexions à haute tension (par exemple, le compartiment de l'appareil de connexion principal); ceci implique, après que le circuit à haute tension considéré ait été mis hors tension et à la terre, de pouvoir ouvrir tout compartiment à haute tension tout en laissant le ou les jeux de barres sous tension (il n'est bien entendu pas autorisé d'ouvrir le ou les compartiments jeu de barres sous tension).

Il peut également être possible de laisser la connexion à haute tension (par exemple, les câbles) sous tension en cas d'accès à d'autres compartiments de l'unité fonctionnelle correspondante. Ceci peut survenir lorsque les alimentations alternatives font partie intégrante de l'installation (exploitation en boucle, groupes électrogènes, etc.). Dans ces cas, l'appareillage peut être désigné de catégorie LSC2B; ceci nécessite de pouvoir laisser sous tension le compartiment connexions (câble) lorsque tout autre compartiment à haute tension accessible est ouvert.

Les trois catégories de la famille LSC2 peuvent être résumées de la manière suivante:

- LSC2: Désignation applicable aux unités fonctionnelles à compartiments connexions à haute tension accessibles pour laquelle l'ouverture du compartiment connexions ne nécessite pas de mettre hors service le ou les jeux de barres ni les autres unités fonctionnelles;

- LSC2A: Désignation applicable aux unités fonctionnelles LSC2 pour laquelle tous les compartiments à haute tension accessibles (autres que le jeu de barres d'un équipement, à simple jeu de barres) peuvent être ouverts avec un jeu de barres sous tension;
- LSC2B: En complément aux exigences de la catégorie LSC2A, les connexions à haute tension (par exemple, les câbles) de l'unité fonctionnelle à laquelle on accède peuvent rester sous tension. Ceci implique également l'existence d'un point de sectionnement, ainsi qu'un cloisonnement adapté entre le compartiment auquel on accède et les connexions à haute tension.

Exemples:

- 1) LSC1 (Figure 101): une unité fonctionnelle à disjoncteur avec connexions des câbles dans le même compartiment que celui du disjoncteur et du jeu de barres est désignée de catégorie LSC1.
- 2) LSC2 (Figure 102): une unité fonctionnelle à disjoncteur non débrochable disposant de deux compartiments à haute tension accessibles (autres que le compartiment jeu de barres), et d'un sectionneur dans le compartiment disjoncteur. L'ouverture du compartiment disjoncteur avec le jeu de barres sous tension n'est pas autorisée. Cependant, la connexion à haute tension peut être mise à la terre au moyen du disjoncteur: lorsqu'un cloisonnement complet est établi entre le compartiment connexions et le compartiment disjoncteur, le compartiment connexions peut alors être ouvert avec le jeu de barres sous tension. Il convient de désigner l'unité fonctionnelle de catégorie LSC2.
- 3) LSC2 (Figure 103): une unité fonctionnelle à disjoncteur avec connexions des câbles dans le même compartiment que le disjoncteur, ce compartiment étant accessible avec le jeu de barres sous tension car il peut être isolé et mis à la terre par le sectionneur et le sectionneur de terre placés dans le compartiment jeu de barres. A l'instar de la Figure 103, une conception d'appareillage monobloc connu comme «RMU» (Ring Main Unit), où le compartiment jeu de barres comprend les interrupteurs-sectionneurs ou les disjoncteurs de plusieurs unités fonctionnelles, est également désignée LSC2.
- 4) LSC2A (Figure 104): configuration similaire à celle de l'exemple 2, à l'exception du fait que le sectionneur est placé dans le compartiment jeu de barres, et qu'un cloisonnement complet est établi entre les compartiments jeu de barres et disjoncteur. Le compartiment disjoncteur et le compartiment connexions peuvent être tous deux ouverts en toute sécurité avec le jeu de barres sous tension après ouverture du sectionneur et fermeture du sectionneur de terre. L'accès au compartiment disjoncteur nécessite que les câbles soient mis hors tension et à la terre.
- 5) LSC2B (Figure 105): pour les conceptions d'appareil de connexion principal non débrochable.
Configuration similaire à celle de l'exemple 4, avec en complément la mise en place d'un deuxième sectionneur et sectionneur de terre dans le compartiment connexions. Un cloisonnement complet est établi entre le compartiment disjoncteur et le compartiment connexions. Ceci permet d'ouvrir le compartiment disjoncteur avec les compartiments jeu de barres et connexions sous tension.
- 6) LSC2B (Figure 106): pour les conceptions débrochables. Si l'appareil de connexion principal de chaque unité fonctionnelle LSC2B est mis en place dans un compartiment accessible qui lui est propre, la maintenance peut être réalisée sur cet appareil de connexion principal sans mettre hors tension le compartiment connexions correspondant. En conséquence, il est nécessaire d'avoir un minimum de trois compartiments pour chaque unité fonctionnelle LSC2B dans cet exemple:
 - pour chaque appareil de connexion principal;
 - pour les composants raccordés d'un côté d'un appareil de connexion principal, par exemple, le circuit d'alimentation;
 - pour les composants raccordés de l'autre côté de l'appareil de connexion principal, par exemple, le jeu de barres. Pour l'appareillage à deux jeux de barres, chaque jeu doit être dans un compartiment séparé qui lui est propre.

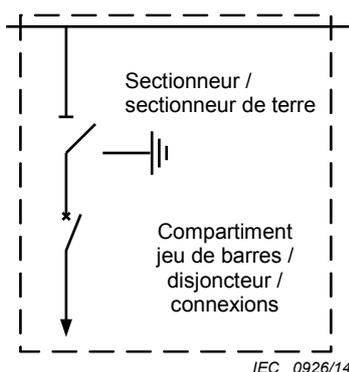


Figure 101 – LSC1

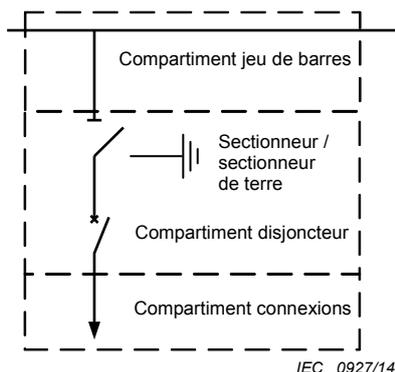


Figure 102 – LSC2

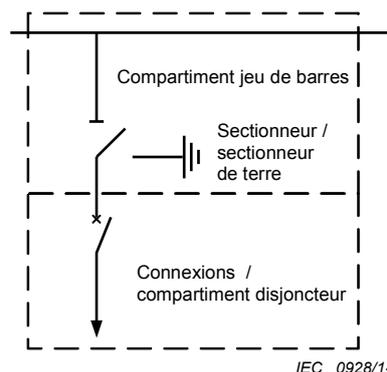


Figure 103 – LSC2

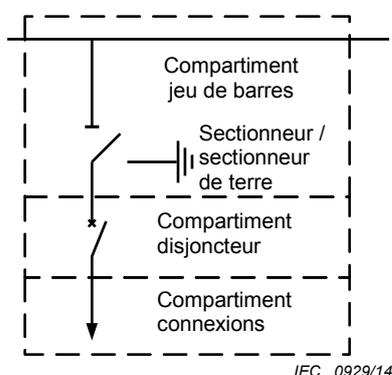


Figure 104 – LSC2A

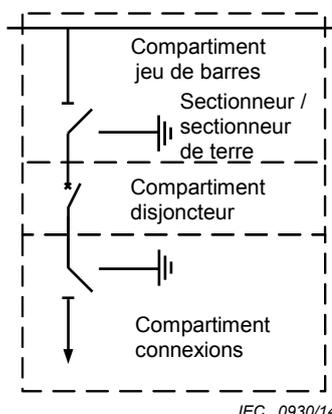


Figure 105 – LSC2B

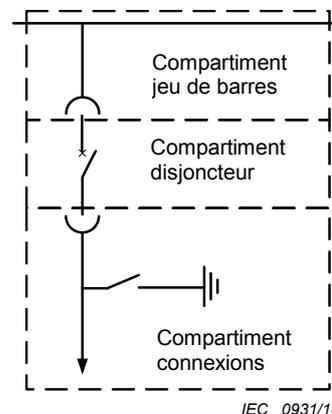


Figure 106 – LSC2B

8.103.4 Classes de cloisonnement

Il existe un type de classe de cloisonnement définie, Classe PI (3.111).

Le choix de la classe de cloisonnement n'assure pas nécessairement la protection des personnes dans le cas d'un arc interne dans un compartiment adjacent, se reporter au 6.105.1 ainsi qu'au 8.104.

8.104 Défaut d'arc interne

8.104.1 Généralités

Si l'appareillage est installé, exploité et maintenu conformément aux instructions du constructeur, il convient que la probabilité d'occurrence d'un arc interne soit minimale, mais ne peut être complètement négligée. Une défaillance à l'intérieur de l'enveloppe d'un appareillage sous enveloppe isolante solide, due soit à un défaut soit à des conditions de service exceptionnelles ou à une mauvaise exploitation, peut générer un arc interne qui représente un danger si des personnes sont présentes.

Lors du choix d'un appareillage sous enveloppe isolante solide, il convient de tenir compte de la possibilité d'occurrence de défauts internes, dans le but d'assurer un niveau de protection acceptable pour les exploitants et, le cas échéant, pour le grand public.

Cette protection est réalisée en réduisant le risque à un niveau tolérable. Selon le Guide ISO/IEC 51, le risque est la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un dommage et de sa sévérité. (Se reporter à l'Article 5 du Guide ISO/IEC 51:1999 sur le concept de sécurité.)

Par conséquent, il convient de réaliser le choix de l'équipement adapté, pour l'arc interne, avec une procédure permettant d'atteindre un niveau de risque tolérable. Une telle procédure est décrite à l'Article 6 du Guide ISO/IEC 51:1999. Cette procédure est basée sur l'hypothèse que l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

8.104.2 Causes et mesures préventives

L'expérience montre que la probabilité de défauts est plus grande dans certains endroits à l'intérieur de l'enveloppe que dans d'autres. A titre de guide, le Tableau 102 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience a montré que les défauts avaient une plus grande chance de se produire. Il indique également la cause des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité de défauts internes. Si nécessaire, il convient que l'utilisateur mette en pratique celles qui sont applicables lors de l'installation, la mise en service, la manœuvre et la maintenance.

8.104.3 Mesures de protection supplémentaires

D'autres mesures peuvent être prises pour assurer le plus haut niveau possible de protection des personnes dans le cas d'un arc interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement.

Parmi ces mesures, on peut citer par exemple:

- temps d'élimination du défaut rapide par l'utilisation de capteurs sensibles à la lumière, à la pression ou à la chaleur ou par des protections différentielles des jeux de barres;
- utilisation de fusibles adaptés en combinaison avec les appareils de connexion pour diminuer le courant coupé limité et la durée du défaut;
- élimination rapide de l'arc en le dérivant sur un court-circuit métallique au moyen de dispositifs de détection et de fermeture rapides (suppresseur d'arc);
- contrôle à distance au lieu d'une manœuvre en face de l'appareillage;
- dispositif de coupure de pression;
- déplacement de la partie débrochable vers ou depuis la position de service uniquement lorsque la porte avant est fermée.

Tableau 102 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défauts d'arc interne

Emplacements préférentiels où les défauts d'arc interne peuvent se produire (1)	Causes possibles des défauts d'arc interne (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Compartiments connexions	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes Utiliser des matériels appropriés
	Installation défectueuse	Éviter de croiser les câbles. Contrôle de la qualité d'exécution sur le site. Couple de serrage correct.
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant)	Contrôle de la qualité d'exécution et/ou essai diélectrique sur le site. Vérification régulière du niveau des liquides, le cas échéant
Sectionneurs Interrupteurs Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages (se reporter au 5.11). Réouverture retardée. Manœuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture pour les interrupteurs et sectionneurs de terre. Instructions au personnel
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou graisse. Utilisation de traitements de surface. Enrobage si possible

Emplacements préférentiels où les défauts d'arc interne peuvent se produire (1)	Causes possibles des défauts d'arc interne (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
	Assemblage défectueux	Contrôle de la qualité d'exécution par une méthode appropriée. Couple de serrage correct. Moyens de fixation appropriés
	Pendant l'embrochage ou le débrogage des parties débrogables. Par exemple, du fait du changement diélectrique d'état associé à un dommage ou une déformation des contacts et/ou volets embrogables	Contrôle de la qualité d'exécution sur le site.
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Éviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits
	Court-circuit côté BT pour les TT	Éviter les courts-circuits par des moyens appropriés, par exemple, capots de protection, fusibles basse tension
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme. Instructions au personnel.
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Limitation d'accès par compartimentage. Parties actives enrobées de matériau isolant solide Instructions au personnel
	Vieillissement diélectrique	Essai individuel en décharge partielle
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (se reporter à l'Article 2). Utilisation de compartiments étanches
	Surtensions	Protection contre la foudre. Coordination d'isolement convenable. Essais diélectriques sur site

8.104.4 Considérations relatives au choix et à l'installation

L'utilisateur doit effectuer le choix de manière appropriée, en tenant compte des caractéristiques du réseau, des procédures d'exploitation et des conditions de service. De même, pour la protection des personnes pendant le service, les points suivants doivent être considérés:

- tous les appareillages ne sont pas classés IAC;
- tous les appareillages ne sont pas de conception débrogable;
- tous les appareillages ne sont pas équipés d'une porte qui peut être fermée dans les positions définies de 3.129 à 3.131.

Pour choisir l'appareillage adapté pour la contrainte d'arc interne, les critères suivants peuvent être utilisés:

- Lorsque le risque est considéré comme négligeable: Un appareillage sous enveloppe isolante solide de la classe IAC n'est pas nécessaire.
- Lorsque le risque est considéré comme significatif: Il convient d'utiliser uniquement un appareillage sous enveloppe isolante solide de la classe IAC.

Dans le second cas, il convient de faire le choix en prenant en compte le niveau maximal de courant prévisible et la durée du défaut, comparés aux valeurs assignées de l'équipement soumis aux essais. De plus, il convient de suivre les instructions d'installation du constructeur (voir l'Article 10). En particulier, la position du personnel pendant un phénomène d'arc interne

est importante. Il convient que le constructeur indique quels côtés de l'appareillage sont classifiés comme accessibles, selon la disposition lors des essais, et il convient que l'utilisateur suive scrupuleusement ces instructions. Permettre la pénétration du personnel dans une zone non déclarée comme étant accessible peut exposer ce personnel à des risques de blessures.

La protection des personnes en cas d'arc interne ne concerne pas seulement la conception et la classification IAC de l'appareillage, mais dépend également des conditions d'installation. Les défauts d'arc interne dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide peuvent se présenter dans différents endroits et peuvent provoquer divers phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'enveloppe provoquera une surpression interne et des échauffements locaux représentant pour l'équipement des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, les matériaux se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur qui peuvent se dégager vers l'extérieur de l'enveloppe. De ce point de vue, une évacuation immédiate et une ventilation des locaux avant d'y pénétrer de nouveau sont nécessaires, et il convient de prendre des mesures appropriées pour l'installation sur le site.

8.104.5 Essai d'arc interne

L'essai d'arc interne a pour objet de vérifier l'efficacité de la conception pour fournir le niveau de protection des personnes requis en cas d'arc interne, lorsque l'appareillage fonctionne dans la condition normale de service. L'essai n'évalue pas le comportement de l'appareillage dans des conditions de maintenance ou de travaux, lorsque les parties de l'enveloppe, y compris le compartiment à basse tension, sont ouvertes ou démontées.

L'essai d'arc interne ne s'applique qu'à l'appareillage sous enveloppe isolante solide, destiné à être classifié IAC.

Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc permise pour un courant différent du courant d'essai. La pression maximale pendant l'essai ne diminue généralement pas avec une durée d'arc plus courte, et il n'existe pas de règle générale d'après laquelle la durée d'arc admissible peut être augmentée en cas de courant d'essai plus faible.

8.104.6 Classification IAC

La classification IAC procure un niveau de protection des personnes validé dans les conditions normales de fonctionnement, comme indiqué au 6.105.2. Elle se rapporte à la protection du personnel dans ces conditions, mais ne se rapporte pas à la protection du personnel dans des conditions de maintenance, ni à la continuité de service.

Dans le cas où la classification IAC est démontrée au moyen d'essais, selon 6.105, l'appareillage sous enveloppe isolante solide est désigné de la façon suivante:

- généralités: classification IAC (pour Internal Arc Classified);
- accessibilité: A (selon 4.101.2);
- valeurs assignées: courant de défaut d'arc en kiloampères (kA), et durée en secondes (s). Des valeurs monophasées peuvent être assignées à l'appareillage disposant d'un ou de plusieurs compartiments dont la construction empêche l'arc d'évoluer en polyphasé, comme vérifié au cours de l'essai d'arc interne. La relation entre la mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre est donnée dans le Tableau 103. Il convient que les utilisateurs spécifient une valeur assignée de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre lorsqu'ils nécessitent une valeur supérieure à 87 % de la valeur assignée triphasée ou peuvent accepter une valeur inférieure, en fonction de la mise à la terre du neutre.

Tableau 103 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau

Type de mise à la terre du neutre du réseau	Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre
Neutre isolé	jusqu'à 87 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné
Neutre relié à la terre par impédance	100 % du courant de défaut d'arc monophasé assigné phase-terre
Neutre directement raccordé à la terre	100 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné
<p>Pour les réseaux à neutre isolé, le courant de défaut monophasé phase-terre maximal peut en théorie atteindre des niveaux jusqu'à 87 % du courant de défaut d'arc triphasé assigné (courant de défaut monophasé phase-terre dans des conditions de défaut biphasé à la terre). Cependant, la probabilité de défauts biphasés à la terre est très faible dans des emplacements indépendants à proximité d'un appareillage soumis à un défaut monophasé phase-terre. Par conséquent, cette condition peut ne pas s'appliquer et l'utilisateur peut spécifier une caractéristique assignée réduite de courant de défaut d'arc monophasé phase-terre.</p> <p>NOTE 1 Si le courant de défaut d'arc monophasé assigné phase-terre couvre la condition de neutre directement mis à la terre, toutes les autres conditions de mise à la terre du réseau sont également couvertes.</p> <p>NOTE 2 Les réseaux (à neutre) mis à la terre résonants sont couverts dans ce tableau par le terme "neutre isolé".</p>	

La désignation doit figurer sur la plaque signalétique (se reporter au 5.10).

Exemple 1: Un appareillage sous enveloppe isolante solide soumis à essai avec un courant de défaut (valeur efficace) de 12,5 kA, pendant une durée de 0,5 s, accessible par les faces avant, latérales et arrière, est désigné comme suit:

IAC	AFLR
Courant de défaut d'arc	12,5 kA
Durée de défaut d'arc	0,5 s

Désignation: IAC AFLR 12,5 kA, 0,5 s

Exemple 2: Un appareillage sous enveloppe isolante solide destiné à n'être utilisé qu'avec des prises embrochables dans des réseaux à protection contre les défauts de terre, à neutre isolé ou à neutre relié à la terre par impédance dans lesquels domine un courant de défaut de terre maximal de 2 kA. Lorsque l'essai est réalisé pour un courant de défaut (efficace) de 20 kA pendant 0,5 s, mais uniquement de 2 kA pour le compartiment connexions pendant 1 s, les indicateurs étant placés sur les faces avant, latérales et arrière, la désignation est la suivante:

IAC	AFLR
Courant de défaut d'arc	20 kA
Durée de défaut d'arc	0,5 s
Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre	2 kA
Durée de défaut d'arc monophasé phase-terre	1 s

Désignation: IAC AFLR 20 kA, 0,5 s (I_{Ae} : 2 kA, 1 s)

8.105 Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels

Les exigences techniques, les caractéristiques assignées et les essais optionnels relatifs à l'appareillage sous enveloppe isolante solide sont résumés dans le Tableau 104.

Tableau 104 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide

Information	Article/paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Particularités du réseau (ne faisant pas partie des caractéristiques assignées de l'équipement):		
Tension nominale kV		
Fréquence Hz		
Nombre de phases		
Mode de mise à la terre du neutre	8.106	
Caractéristiques de l'appareillage		
Nombre de pôles		
Classe – intérieure (conditions spéciales de service)	2	
Dénomination du compartiment: Jeu de barres Appareil principal Connexions TC TT (etc.)	3.108 (se reporter au 5.103.1)	Compartiment jeu de barres = Compartiment appareil principal = Compartiment connexions = Compartiment TC = Compartiment TT =
Type de compartiment (à spécifier pour chaque compartiment à haute tension) si applicable: Compartiment accessible contrôlé par verrouillage Compartiment accessible selon procédure Compartiment accessible par outillage Compartiment non accessible	3.108 3.108.1 3.108.2 3.108.3 3.108.4	Compartiment connexions/TC = Compartiment appareil de connexion principal/TC = Autre compartiment (à définir)=
Classe de cloisonnement PI	3.111	
Débrochable / non débrochable (type d'appareil principal)	3.128	(Débrochable / non débrochable) =
Catégorie de perte de continuité de service (LSC) LSC2 LSC2A LSC2B LSC1	3.134.1 3.134.1.1 3.134.1.2 3.134.2	
Tension assignée U_r 3,6 kV; 7,2 kV; 12 kV; 17,5 kV; 24 kV; 36 kV, etc.	4.1	
Nombre de phases 1, 2 ou 3		
Niveau d'isolement assigné: Tension de tenue à fréquence industrielle U_d Tension de tenue aux chocs de foudre U_p	4.2	(Valeur commune/sur la distance de sectionnement) a) / b) /
Fréquence assignée f_r	4.3	
Courant assigné en service continu I_r Arrivée Jeu de barres Départ	4.4	a) b) c)

Information	Article/paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Courant de courte durée admissible assigné Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) I_k Circuit de terre I_{ke}	4.5 8.106	a) b)
Valeur de crête du courant admissible assigné Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) I_p Circuit de terre I_{pe}	4.6 8.106	a) b)
Durée de court-circuit assigné Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) t_k Circuit de terre t_{ke}	4.7 8.106	a) b)
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande U_a a) Fermeture et déclenchement b) Indication c) Contrôle	4.8	a) b) c)
Fréquence assignée d'alimentation des circuits de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	4.9	
Défaut d'arc interne IAC Types d'accessibilité à l'appareillage (pour A, spécifier la ou les faces pour lesquelles elles sont nécessaires) limité au seul personnel autorisé Valeur d'essai de classification en kA et durée en s	3.135 4.101.2 Exemples en 8.104.6 AA.4	O/N F pour la face avant = L pour les faces latérales = = R pour la face arrière = =
Tensions d'essai des câbles assignées U_{ct}	4.102	c.a et/ou c.c.
Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pressions (Indiquer les exigences, par exemple, verrouillage si indication d'une basse pression etc.)	5.9	
Verrouillages (indiquer les exigences additionnelles à celles de 5.11)	5.11	
Degrés de protection procurés par les enveloppes (si différent de IP2X): Portes fermées Portes ouvertes	5.13.1	a) b)
Essai de stabilité thermique	6.106	
Essai d'humidité	6.107	
Information complémentaire Par exemple, conditions d'installation		

8.106 Caractéristiques assignées des circuits de terre

Pour les systèmes à neutre directement mis à la terre, le courant de court-circuit maximal du circuit de terre peut atteindre le courant de courte durée admissible assigné du circuit principal.

Pour les systèmes autres que ceux à neutre directement mis à la terre, le courant de courte durée maximal du circuit de terre peut en théorie atteindre 87 % du courant de courte durée admissible assigné du circuit principal (court-circuit dans des conditions de défaut biphasé à

la terre). Cependant, la probabilité de défauts biphasés à la terre à des emplacements indépendants se produisant totalement par le circuit de terre de l'appareillage est très faible. Par conséquent, cette condition peut ne pas s'appliquer et l'utilisateur peut choisir une valeur réduite de courant de défaut de terre.

8.107 Caractéristiques assignées relatives aux essais des câbles

Il convient que les utilisateurs spécifient les valeurs des tensions d'essai des câbles assignées assurant des marges appropriées au-dessus des valeurs réelles des tensions d'essai des câbles censées être appliquées.

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

L'Article 9 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 9.1 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

En faisant un appel d'offres ou en passant commande d'une installation d'appareillage sous enveloppe isolante solide, il convient que le demandeur fournisse les renseignements suivants:

- 1) Caractéristiques propres au réseau:
Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, mode de mise à la terre du neutre du réseau.
- 2) Conditions de service, si elles sont différentes des conditions normales (voir Article 2):
Les températures minimale et maximale de l'air ambiant; toute condition divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telle que, par exemple, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière excessive ou au sel, au rayonnement thermique, par exemple solaire, le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.
- 3) Caractéristiques de l'installation et de ses composants:
 - a) catégorie de protection PA ou PB à fournir par l'enveloppe isolante solide;
 - b) nombre de phases;
 - c) nombre de jeux de barres, comme indiqué dans le schéma unifilaire;
 - d) tension assignée;
 - e) fréquence assignée;
 - f) niveau d'isolement assigné;
 - g) courants assignés en service continu des jeux de barres et des circuits d'alimentation;
 - h) courants de courte durée admissible assignés (I_k , I_{ke});
 - i) durée assignée de court-circuit (si elle est différente de 1 s);
 - j) valeur de crête du courant admissible assigné (si différente de $2,5 I_k$ pour 50 Hz ou $2,6 I_k$ pour 60 Hz);
 - k) tensions d'essai des câbles assignées;
 - l) valeurs assignées des composants;
 - m) degré de protection procuré par l'enveloppe isolante solide et les cloisons;
 - n) schémas des circuits;
 - o) désignation des appellations et types (d'accessibilité) des différents compartiments, si exigé;

- p) Le cas échéant, la catégorie de perte de continuité de service (LSC1, LSC2, LSC2A ou LSC2B);
 - q) classification IAC, si exigé, avec le courant de défaut d'arc et la durée correspondants, selon le cas.
- 4) Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
- a) types de dispositifs de manœuvre;
 - b) tension assignée d'alimentation (lorsqu'elle existe);
 - c) fréquence assignée d'alimentation (lorsqu'elle existe);
 - d) pression assignée d'alimentation (lorsqu'elle existe);
 - e) exigences spéciales de verrouillage.

En plus de ces renseignements, il convient que le demandeur indique toutes les conditions qui peuvent influencer la soumission ou la commande, telles que, par exemple, les conditions particulières de montage ou d'installation, l'emplacement des connexions externes à haute tension, les règles applicables aux réservoirs de pression, les exigences pour les opérations d'essais des câbles, le traitement des gaz d'échappement, les dimensions spécifiques.

Il convient d'indiquer si des essais de type spéciaux sont exigés.

9.2 Renseignements pour les soumissions

Le paragraphe 9.2 de l'IEC 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Il convient que les renseignements suivants soient donnés par le constructeur, le cas échéant, avec les notices descriptives et les plans.

- 1) Valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées au point 3 de 9.1.
- 2) Sur demande, certificats ou rapports d'essais de type.
- 3) Détails de construction, par exemple:
 - a) masse de l'unité de transport la plus lourde;
 - b) dimensions hors tout de l'installation;
 - c) disposition des connexions externes;
 - d) dispositifs pour le transport et le montage;
 - e) mesures à prévoir pour le montage;
 - f) désignation des appellations et catégories des différents compartiments;
 - g) faces classifiées;
 - h) renseignements concernant l'installation, le fonctionnement et la maintenance;
 - i) type du système de pression de gaz ou du système de pression de liquide;
 - j) niveau de remplissage assigné et niveau minimal de fonctionnement;
 - k) volume de liquide ou masse de gaz ou de liquide pour les différents compartiments;
 - l) spécification de l'état du gaz ou du liquide.
- 4) Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
 - a) types et valeurs assignées, tels qu'énumérés au point 4 de 9.1;
 - b) courant ou puissance nécessaire pour la manœuvre;
 - c) durées de manœuvre;
- 5) Liste des pièces détachées recommandées qu'il convient que l'utilisateur se procure.

10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance

L'Article 10 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation

Le paragraphe 10.1 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

10.2 Installation

Le paragraphe 10.2 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant au paragraphe 10.2.3.

10.2.3 Montage

Dans le cas d'un appareillage classifié IAC, il convient également de fournir les instructions pour des conditions d'installation procurant une bonne protection en cas d'arc interne. Il convient d'apprécier les dangers liés à une installation donnée en fonction des conditions d'installation de l'échantillon d'essai au cours de l'essai d'arc interne (se reporter au 6.105). Toutefois, si l'acheteur (utilisateur) considère que le risque n'est pas applicable, l'appareillage peut être installé sans respecter les restrictions indiquées par le constructeur.

10.3 Fonctionnement

Le paragraphe 10.3 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

10.4 Maintenance

Le paragraphe 10.4 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Si, pour certaines opérations de maintenance, des cloisonnements insérés temporairement sont nécessaires pour empêcher un contact accidentel avec les parties sous tension, alors

- le constructeur doit proposer de fournir les cloisons nécessaires ou leur conception;
- le constructeur doit fournir des renseignements sur les procédures de maintenance et sur l'utilisation des cloisons;
- lorsque les cloisons sont mises en place selon les instructions du constructeur, les exigences de degré de protection IP2X (selon l'IEC 60529) doivent être satisfaites;
- ces cloisons doivent satisfaire à l'exigence de 5.103.3;
- ces cloisons et leurs supports doivent avoir une résistance mécanique suffisante pour éviter le contact accidentel avec des parties sous tension.

NOTE Les écrans et supports isolants prévus seulement pour la protection mécanique ne sont pas soumis à la présente norme.

Après un incident de court-circuit en service, il convient que le circuit de terre soit examiné à la recherche d'éventuels dommages et remplacé en tout ou partie si nécessaire.

11 Sécurité

L'Article 11 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable, avec le complément suivant:

Paragraphe complémentaire:

11.101 Procédures

Il convient que des procédures adaptées soient mises en place par l'utilisateur pour assurer qu'un compartiment accessible selon procédure ne peut être ouvert que lorsque la partie du

circuit principal présente dans le compartiment rendu accessible est hors tension et mise à la terre, ou dans une position débrochée avec les volets associés en position fermée. Des procédures peuvent être imposées par les lois et règlements du pays de l'installation, ou par les instructions de sécurité de l'utilisateur (par exemple, EN 50187 – se reporter à [14] de la Bibliographie).

11.102 Aspects liés à un arc dû à un défaut interne

En ce qui concerne la protection des personnes, la performance correcte de l'appareillage sous enveloppe isolante solide dans le cas d'un arc interne n'est pas seulement une question de conception de l'équipement lui-même, mais également de conditions d'installation et des procédures d'utilisation, par exemple, voir 8.104.

L'arc dû à un défaut interne dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide peut causer une surpression dans le local électrique. Un tel effet n'est pas couvert par le domaine d'application de la présente norme, mais il convient qu'il soit pris en considération lors de la conception de l'installation.

12 Influence du produit sur l'environnement

L'Article 12 de l'IEC 62271-1:2007 est applicable.

Annexe AA (normative)

Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classification arc interne (IAC)

AA.1 Local d'essai

Le local doit être représenté par un sol, le plafond et deux murs perpendiculaires l'un à l'autre. Le cas échéant, des caniveaux de câbles et/ou des conduits d'échappement simulés doivent également être construits.

NOTE 1 Les dimensions du dispositif de simulation du local établissent la condition d'essai définie; cependant, les conditions d'installation réelles sont généralement différentes, se reporter au 10.2.

Plafond:

L'essai doit être réalisé avec la hauteur de plafond spécifiée par le constructeur.

La hauteur de plafond est toujours indiquée à partir du plancher ou du niveau du faux plancher où est installé réellement l'appareillage. Il s'agit également du niveau où les supports des indicateurs sont placés lors de l'essai IAC, se reporter à la Figure AA.5.

Cependant, le plafond doit être placé au minimum:

- à une distance non inférieure à 200 mm (± 50 mm) au-dessus de la hauteur de l'échantillon d'essai, et
- à une distance de 2 000 mm (± 50 mm) par rapport au plancher ou au faux plancher, si la hauteur de l'échantillon d'essai est inférieure à 1 800 mm.

La hauteur de l'échantillon d'essai est déterminée par sa partie la plus haute ayant une incidence sur le débit gazeux, y compris les clapets de détente dans leur position d'ouverture la plus élevée par conception et construction. Les clapets de détente ne doivent pas frapper le plafond à l'ouverture.

Les résultats de l'essai réalisé dans ces conditions sont valides pour toutes les distances entre l'échantillon d'essai et le plafond plus importantes que celles soumises à essai.

EXEMPLE Un essai réalisé à une distance entre l'échantillon d'essai et le plafond de 600 mm est valide pour cette valeur et toutes les distances supérieures.

Si le constructeur spécifie une distance entre le plafond et la hauteur de l'échantillon d'essai comprise entre 0 mm et 200 mm, les résultats d'essai ne sont valides que pour cette distance de plafond, et cette distance peut être déclarée comme admissible pour les instructions d'installation.

Mur latéral:

Le mur latéral doit être placé à 100 mm \pm 30 mm de la face latérale gauche ou droite de l'échantillon d'essai. Une distance plus faible peut être choisie sous réserve qu'il puisse être démontré que toute déformation permanente de la face latérale de l'échantillon d'essai n'interfère pas avec le mur ou n'est pas limitée par lui.

Les résultats de l'essai réalisé dans ces conditions sont valides pour toutes les distances entre l'échantillon d'essai et le mur latéral plus importantes que celles soumises à essai, à condition que les gaz ne soient pas dirigés vers les murs.

Mur arrière:

L'échantillon d'essai doit être placé à une distance du mur arrière en fonction de l'accessibilité de la face arrière de l'appareillage. Les échantillons d'essai constitués d'unités fonctionnelles ayant différentes profondeurs, doivent être placés aux distances requises de l'unité présentant la profondeur la plus importante.

Dans tous les cas, la distance entre le mur arrière et l'appareillage est mesurée à partir de la surface de l'enveloppe, en ignorant les éléments faisant saillie non prévus pour avoir une incidence sur l'évacuation des gaz chauds (par exemple poignées).

Face arrière non accessible:

Sauf si le constructeur indique une distance d'isolement minimale vis-à-vis du mur plus importante, le mur doit être placé à une distance d'isolement de la face arrière de l'échantillon d'essai de $100 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$. Une distance d'isolement plus faible peut être utilisée à condition qu'il puisse être démontré que toute déformation permanente de la face arrière de l'échantillon d'essai n'est pas influencée ou limitée par le mur.

Cette installation d'essai est considérée comme valable pour une installation plus proche du mur que l'installation d'essai, sous réserve de remplir deux conditions supplémentaires (se reporter au 6.105.5, Critère n° 1).

Si ces conditions ne peuvent pas être établies, ou si le constructeur demande à qualifier une conception directement adossée au mur, un essai particulier sans distance d'isolement entre le mur et la face arrière doit être réalisé. Toutefois, la validité d'un tel essai ne doit pas être étendue à d'autres conditions d'installation.

Lorsque l'essai est réalisé avec une distance d'isolement plus importante vis-à-vis du mur arrière, comme indiqué par le constructeur, cette distance d'isolement doit être déclarée comme la distance minimale admissible dans les instructions d'installation. Les instructions doivent également comporter des conseils sur l'obligation d'adopter des mesures empêchant des personnes d'accéder à cette zone.

Face arrière accessible:

Le mur arrière doit laisser une distance d'isolement standard de $800 \text{ mm} \left(\begin{smallmatrix} +100 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm} \right)$ par rapport à la face arrière de l'échantillon d'essai.

L'essai est également valide pour la face arrière non accessible avec une distance au mur de 300 mm et plus.

Lorsque l'essai est réalisé avec une distance d'isolement plus importante vis-à-vis du mur arrière, comme indiqué par le constructeur, cette distance d'isolement peut être déclarée comme la distance minimale admissible dans les instructions d'installation.

Cas particulier, utilisation de conduits d'échappement:

Si le constructeur déclare que la conception nécessite que les caniveaux de câbles et/ou tout autre conduit d'échappement, sont à utiliser pour évacuer les gaz produits durant l'arc interne, les dimensions minimales de leur section, leur position, et les dispositifs de sortie (volets ou grilles, avec leurs caractéristiques) doivent être spécifiés par le constructeur. L'essai doit être réalisé avec la simulation de tels conduits d'échappement. L'extrémité de sortie des conduits d'échappement doit être au minimum à $2\,000 \text{ mm} (\pm 50 \text{ mm})$ de distance de l'appareillage en essai.

Pour les essais réalisés avec un conduit d'échappement, la hauteur de plafond absolue n'est pas significative. Si le conduit d'échappement est installé sur le dessus de l'échantillon, une distance minimale entre l'échantillon d'essai et le plafond de 100 mm doit être assurée pour vérifier les déformations permanentes du conduit d'échappement. Si cet essai est réalisé pour la face arrière accessible, l'installation d'essai est considérée comme valide pour une installation avec face arrière non accessible à toute distance du mur, si deux conditions supplémentaires sont remplies, se reporter au 6.105.5, Critère n° 1.

NOTE 2 Les possibles effets des gaz chauds à l'extrémité et autour du conduit d'échappement au-delà des indicateurs, ne sont pas couverts par les essais de la présente norme.

AA.2 Indicateurs (pour évaluer l'effet thermique des gaz)

AA.2.1 Généralités

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir, disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'échantillon d'essai.

De la cretonne noire (tissu de coton d'environ 150 g/m²) ou de la doublure de coton noire (environ 40 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs, en fonction de la classe d'accessibilité.

On doit veiller à ce qu'un indicateur vertical ne puisse pas en enflammer un autre. Cela est obtenu en les plaçant dans un cadre de montage en tôle d'acier, avec une profondeur de $2 \times 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -3 \end{smallmatrix}$ mm, se reporter à la Figure AA.1.

Pour les indicateurs horizontaux, on doit éviter que des particules incandescentes ne s'accumulent. Cela peut être obtenu en montant les indicateurs sans cadre, se reporter à la Figure AA.2.

Les dimensions des indicateurs doivent être de 150 mm × 150 mm ($+15 \begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm).

AA.2.2 Disposition des indicateurs

Les indicateurs doivent être placés sur toutes les faces classifiées, sur un support de montage, à des distances définies pour le type d'accessibilité A.

La longueur du support de montage doit être supérieure à celle de l'échantillon d'essai pour prendre en compte la possibilité d'éjection de gaz chauds à des angles jusqu'à 45° par rapport à la surface en essai. Cela signifie que les cadres de montage sur chaque face – le cas échéant – doivent être au moins de 300 mm sous réserve que la position des murs dans l'installation de simulation du local n'empêche pas la mise en place des indicateurs.

La distance des indicateurs installés verticalement à l'appareillage est mesurée de la surface de l'enveloppe, en ignorant les éléments faisant saillie non prévus pour avoir une incidence sur l'évacuation des gaz chauds (par exemple, les poignées). Si la surface de l'appareillage n'est pas régulière, il convient que les indicateurs soient placés de manière à simuler de façon aussi réaliste que possible la position qu'une personne peut généralement adopter en face de l'équipement, à la distance indiquée ci-dessus, selon le type d'accessibilité A (personnel autorisé).

De la cretonne noire (tissu de coton d'environ 150 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs.

Les indicateurs doivent être installés verticalement pour toutes les faces classifiées de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, jusqu'à une hauteur de 2 000 mm (± 50 mm), régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se reporter aux Figures AA.3 et AA.4).

La distance des indicateurs à l'appareillage doit être de 300 mm (± 15 mm).

Des indicateurs doivent également être installés horizontalement à une hauteur de 2 000 mm (± 50 mm) au-dessus du sol comme indiqué dans les Figures AA.3 et AA.4, de façon à couvrir toute la surface entre 300 mm (± 30 mm) et 800 mm (± 30 mm) de l'appareillage sous enveloppe isolante solide. Lorsque le plafond est placé à une hauteur de 2 000 mm (± 50 mm) au-dessus du sol (se reporter à AA.1), aucun indicateur horizontal n'est nécessaire. Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se reporter aux Figures AA.3 et AA.4).

Conditions spéciales d'accessibilité:

Lorsque l'utilisation normale nécessite de se tenir debout ou de marcher sur l'équipement, des indicateurs horizontaux doivent être placés au-dessus de la surface accessible supérieure, quelle que soit la hauteur de l'appareillage;

de la doublure de coton noire (environ 40 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs.

NOTE De la cretonne noire (tissu de coton d'environ 150 g/m²) est considérée représentative de tissus de vêtements de travailleur, alors que de la doublure de coton (environ 40 g/m²) est considérée représentative de vêtements légers d'été du public.

AA.3 Tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai

Résumé des tolérances pour les dimensions géométriques des montages d'essai, telles que notées dans le texte (les valeurs données entre parenthèses dans celui-ci correspondent aux tolérances applicables uniquement au montage d'essai réel et n'étendent pas les valeurs requises):

Distance entre échantillon d'essai et plafond:	± 50 mm
Distance entre échantillon d'essai et mur latéral:	± 30 mm
Distance entre échantillon d'essai et mur arrière (non accessible):	± 30 mm
Distance entre échantillon d'essai et mur arrière (accessible):	0/+100 mm
Dimensions des indicateurs:	0/+15 mm
Profondeur du cadre en acier des indicateurs:	-3/0 mm
Hauteur des indicateurs	± 50 mm
Distance entre échantillon d'essai et indicateurs pour le type d'accessibilité A	± 30 mm

AA.4 Paramètres d'essai

AA.4.1 Généralités

Un essai réalisé à des valeurs données de tension, de courant et de durée, couvrent généralement toutes les valeurs plus faibles de tension, de courant et de durée.

Un niveau de courant plus faible peut influencer le comportement des limiteurs de pression et la performance de perforation. Pour un niveau de courant de court-circuit plus faible que celui soumis à essai, il convient d'interpréter les résultats avec prudence.

AA.4.2 Tension

L'essai doit être réalisé à toute tension appropriée jusqu'à et y compris la tension assignée U_r . Si une tension plus faible que la tension U_r est choisie, les conditions suivantes doivent être remplies:

- la valeur de courant moyenne efficace pendant l'essai, telle que calculée par un enregistreur numérique, satisfait aux exigences sur le courant de AA.4.3.1;
- l'arc ne s'éteint pas prématurément dans aucune des phases où il a été amorcé. L'extinction monophasée temporaire est admise tant que la durée cumulée des intervalles

sans courant ne dépasse pas 2 % de la durée d'essai et que les perturbations isolées ne durent pas plus longtemps que jusqu'au passage par zéro suivant du courant présumé, à condition que l'intégrale de la composante alternative du courant soit au moins égale à la valeur spécifiée en AA.4.3.1 pour la phase considérée.

AA.4.3 Courant

AA.4.3.1 Composante alternative

Le courant d'essai doit être égal au courant de défaut d'arc assigné (I_A ou I_{Ae}) avec une tolérance de ± 5 %. Si la tension appliquée est égale à la tension U_r , cette tolérance s'applique uniquement au courant présumé.

Il convient que le courant reste constant. Si l'installation d'essai ne peut pas satisfaire à cette condition, la durée d'essai doit être prolongée jusqu'au moment où l'intégrale de la composante alternative du courant ($I \times t$) devient égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de ($^{+10}_0$ %). Dans ce cas, le courant doit être égal à la valeur spécifiée au moins pendant les trois premières demi-périodes et ne doit pas descendre en dessous de 50 % de la valeur spécifiée à la fin de l'essai.

NOTE Des informations sur la relation qui existe entre le mode de mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre sont fournies au 8.104.6.

AA.4.3.2 Valeur de crête du courant

Le moment de la fermeture doit être choisi de telle façon que la valeur de crête du courant parcoure une des phases extrêmes et qu'une grande boucle de courant soit simultanément présente dans l'autre phase extrême.

Si la tension appliquée est égale à la tension U_r , la valeur de crête du courant présumé doit être égale à 2,5 fois (pour les fréquences jusqu'à 50 Hz) ou à 2,6 fois (pour 60 Hz), la valeur efficace de la composante alternative définie en AA.4.3.1 avec une tolérance de $^{+5}_0$ %.

Si la tension est inférieure à la tension U_r , la valeur de crête du courant présumé n'est pas appropriée, mais la valeur de crête du courant de court-circuit pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide en essai ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur de crête assignée.

Pour des valeurs de constante en courant continu plus importantes que la valeur normalisée définie de 45 ms du réseau d'alimentation, il convient d'utiliser une valeur uniforme de 2,7 fois la valeur efficace de la composante alternative comme valeur assignée pour les applications 50 Hz et 60 Hz.

Dans le cas d'un amorçage de l'arc entre deux phases, le moment de la fermeture doit être choisi de façon à fournir la composante continue maximale possible.

AA.4.4 Fréquence

Pour une fréquence assignée de 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai doit se situer entre 48 Hz et 62 Hz. Pour d'autres fréquences, elle ne doit pas s'écarter de la valeur assignée de plus de ± 10 %.

AA.5 Procédure d'essai

AA.5.1 Circuit d'alimentation

AA.5.1.1 Essais en triphasé

Le circuit d'alimentation doit être triphasé et les trois phases de l'appareillage doivent être mises sous tension. Le point neutre du circuit d'alimentation peut être soit isolé, soit relié à la terre à travers une impédance, de telle manière que le courant à la terre maximal soit inférieur à 100 A. De cette manière, l'essai couvre tous les cas de mise à la terre du neutre.

AA.5.1.2 Essais en monophasé

Une borne du circuit d'alimentation doit être reliée au point de mise à la terre fourni sur l'appareillage, l'autre à la phase en essai.

Les deux phases restantes de l'échantillon d'essai doivent être mises sous tension à la tension U_r , sauf s'il est improbable qu'une influence mutuelle se produise entre les phases.

Si l'une des phases restantes s'amorce, l'essai doit être répété comme un essai en triphasé.

AA.5.1.3 Montages d'alimentation

Le sens d'alimentation doit être comme suit:

- pour un compartiment connexions: alimentation à partir du jeu de barres, à travers l'appareil de connexion principal;
- pour un compartiment jeu de barres: les connexions d'alimentation ne doivent pas créer d'ouverture dans le compartiment en essai. L'alimentation doit être réalisée à travers une barrière ou à travers une unité d'alimentation appropriée, à partir de l'extrémité opposée de l'appareillage;
Dans le cas de conceptions non symétriques d'un compartiment jeu de barres, les conditions d'amorçage de l'arc interne les plus sévères doivent être considérées en fonction de l'énergie d'arc et des risques de perforation.
- pour le compartiment de l'appareil de connexion principal: alimentation à partir du jeu de barres, avec l'appareil en position fermée;
- pour un compartiment avec plusieurs composants du circuit principal à l'intérieur: alimentation à travers un ensemble de traversées disponible, avec tous les appareils de connexion en position fermée, à l'exception des sectionneurs de terre, le cas échéant, qui doivent être ouverts.

AA.5.2 Amorçage de l'arc

AA.5.2.1 Généralités

L'arc doit être amorcé entre toutes les phases en essai par un fil métallique d'environ 0,5 mm de diamètre ou, dans le cas d'un courant de défaut d'arc monophasé phase-terre, entre une phase et la terre.

Le point d'amorçage doit être situé au point le plus éloigné de l'alimentation, en aval sur le trajet du courant de l'alimentation, à l'intérieur du compartiment en essai. Si le circuit principal du compartiment en essai comprend des dispositifs de limitation de courant (par exemple, des fusibles), le point d'amorçage doit être choisi en amont du dispositif de limitation.

Le nombre de phases à soumettre à essai, les dispositions des connexions et l'action à entreprendre si d'autres phases sont affectées, doivent être conformes au Tableau AA.1, selon la construction du compartiment en essai.

Si une valeur de I_{Ae} est assignée à l'appareillage, au moins un compartiment doit être soumis à l'essai en monophasé phase-terre. Si cette valeur est supérieure à 87 % de I_A tous les essais en biphasé doivent utiliser la valeur de I_{Ae} pour le courant d'essai.

Dans le cas d'un amorçage en monophasé phase-terre, l'arc doit être amorcé entre la phase intermédiaire et la terre la plus proche.

AA.5.2.2 Compartiments avec parties actives enrobées de matériau isolant solide

Dans les compartiments où les parties actives sont couvertes par un isolant solide, l'arc doit être amorcé aux endroits suivants:

- a) à des fentes ou des surfaces de joint entre l'isolant de parties enrobées de matériau isolant solide;
- b) par perforation à des joints isolants solides confectionnés sur le site lorsque des parties isolantes solides préfabriquées ne sont pas utilisées;
- c) lorsque a) et b) ne sont pas applicables, par perforation ou retrait partiel du matériau isolant solide des conducteurs.

AA.5.2.3 Compartiments connexions

AA.5.2.3.1 Compartiments câbles avec prises embrochables à isolation solide

Pour les prises embrochables à cône extérieur, la ou les phases à amorcer doivent être équipées de cosses sans isolation solide.

Pour les prises à cône intérieur, l'amorçage doit être réalisé par perforation ou retrait partiel de leur isolation solide juste sous la ou les prises des câbles de la ou des phases à amorcer.

La ou les autres phases doivent être équipées avec un connecteur embrochable, pouvant être utilisé en service, apte à être mis sous tension.

NOTE L'expérience montre que le défaut n'évolue généralement pas vers un défaut triphasé; de ce fait, le choix de l'équipement de la troisième phase n'est pas crucial.

AA.5.2.3.2 Compartiments avec prises à isolation solide constituée sur site

Pour les compartiments connexions dont les connexions sont réalisées avec des prises à isolation solide constituée sur site, la ou les phases à amorcer doivent être équipées de cosses sans isolation solide.

AA.5.2.3.3 Compartiments sans prises embrochables ou à isolation solide constituée sur site

Les connexions de câble sans prises embrochables ou à isolation solide constituée sur site doivent être soumises à essai sans les câbles. L'amorçage doit être réalisé en triphasé.

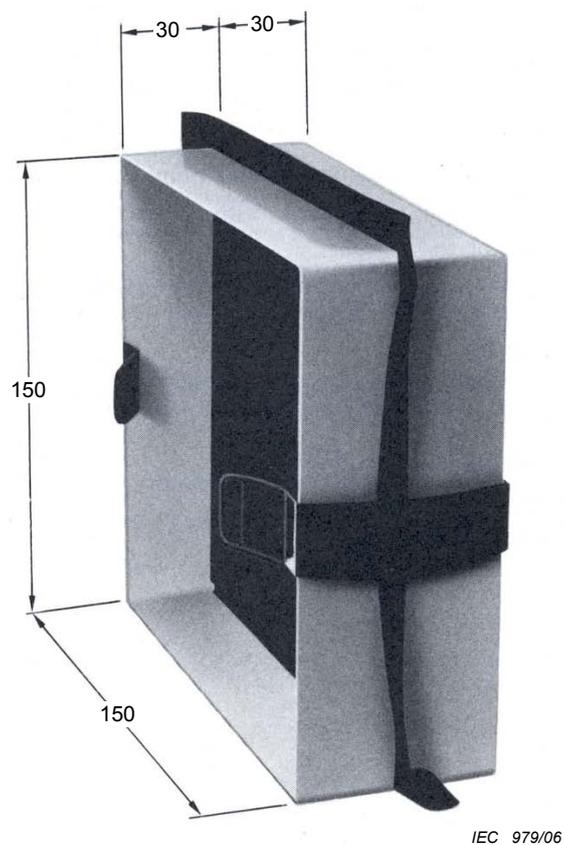
Les cosses doivent être installées comme dans la pratique.

AA.5.2.4 Compartiments monophasés sans aucune partie métallique mise à la terre

Pour les compartiments monophasés sans aucune partie métallique mise à la terre, un trajet doit être créé dans l'isolation jusqu'à la partie métallique mise à la terre la plus proche.

**Tableau AA.1 – Paramètres de l'essai de défaut d'arc interne
en fonction de la construction du compartiment**

		Courant d'essai	Nombre de phases / terres pour l'amorçage d'arc	Action si une autre phase est affectée
Compartiments triphasés, autres que les compartiments connexions:	avec conducteurs nus	I_A	Trois	N/A
	conducteurs avec isolation solide constituée sur site	I_A	Trois	N/A
	conducteurs avec isolation solide non constituée sur site	$87 \% I_A$	Deux	Répéter comme essai en triphasé
I_{Ae}		Une phase et terre		
Compartiments monophasés:		I_{Ae}	Une phase et terre.	Répéter comme essai en triphasé
Compartiments connexions:	Connexions non isolées ou avec isolation solide constituée sur site	I_A	Trois	N/A
	Connexions utilisant des prises à cône extérieur (blindées ou non)	$87 \% I_A$	Deux	Répéter comme essai en triphasé
		I_{Ae}	Une phase et terre	
	Connexions utilisant des prises à cône intérieur	$87 \% I_A$	Deux	Répéter comme essai en triphasé
I_{Ae}		Une phase et terre		



Dimensions en millimètres

Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux

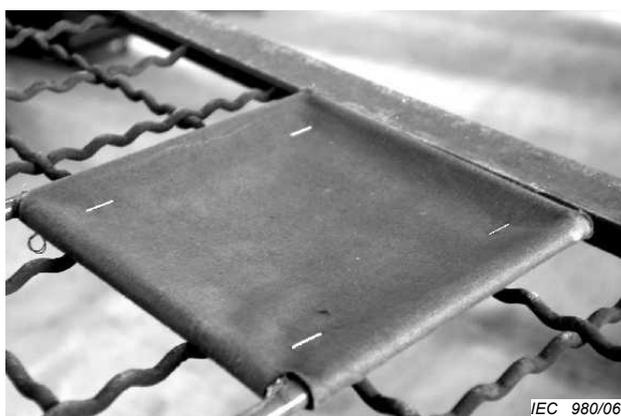
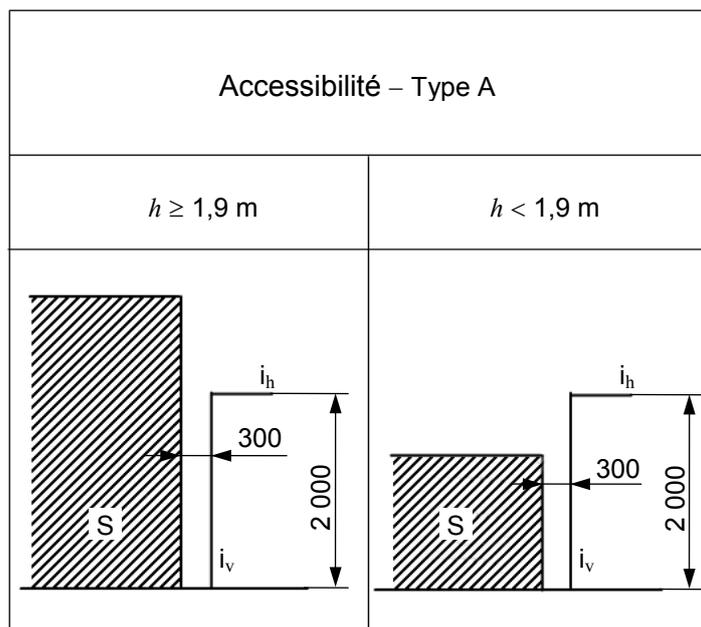


Figure AA.2 – Indicateur horizontal



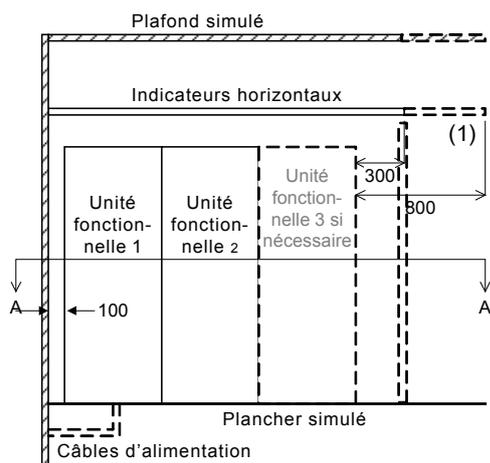
IEC 0932/14

*Dimensions en millimètres
sauf indication contraire*

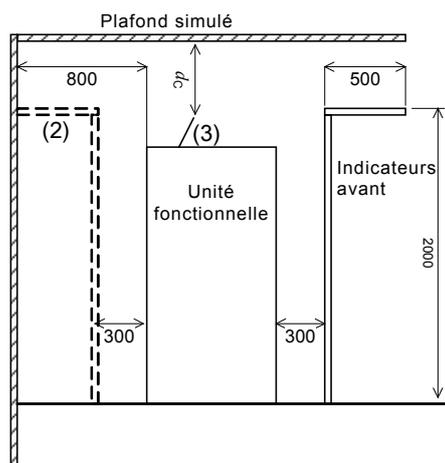
Légende

- S appareillage
- h hauteur de l'appareillage
- i_h indicateurs horizontaux
- i_v indicateurs verticaux

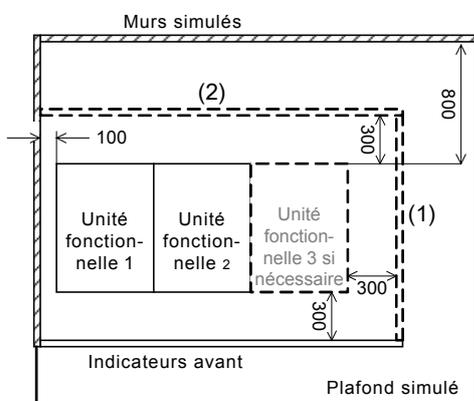
Figure AA.3 – Position des indicateurs



Vue de face



Vue de côté



Section A-A

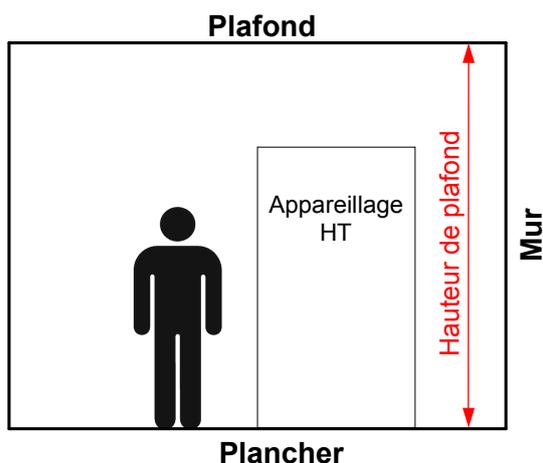
Légende

- (1) indicateurs pour face latérale classifiée
- (2) indicateurs pour face arrière classifiée
- (3) clapet de détente ouvert
- d_c distance au plafond

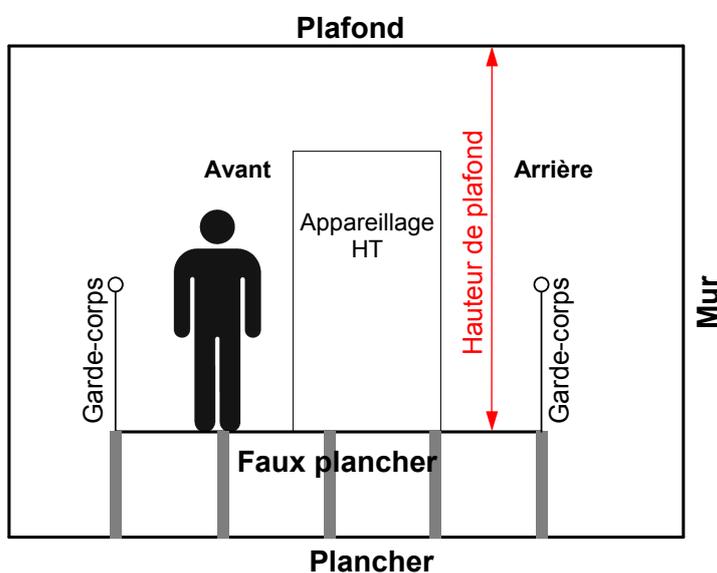
Dimensions en mm

IEC 0933/14

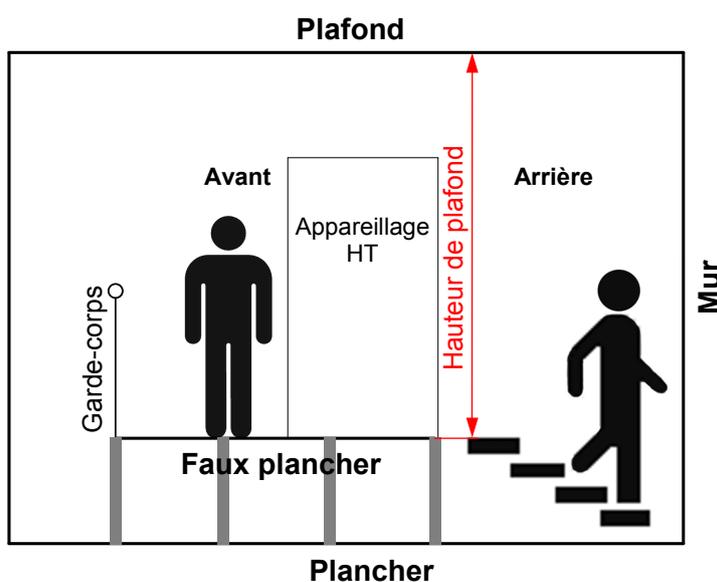
Figure AA.4 – Simulation du local et position des indicateurs pour le type d'accessibilité A, face arrière classifiée, unité fonctionnelle de toute hauteur



a) Ensemble d'appareillage posé sur le plancher



b) Ensemble d'appareillage posé sur le faux plancher



c) ensemble d'appareillage posé sur le faux plancher, niveaux du plancher différents sur la face avant et la face arrière

IEC 0934/14

Figure AA.5 – Hauteur de plafond indiquée à partir du plancher ou du niveau du faux plancher où est installé réellement l'appareillage

Annexe BB (normative)

Mesurage des décharges partielles

BB.1 Généralités

Le mesurage des décharges partielles permet de détecter certaines anomalies dans l'équipement en essai et constitue un complément utile aux essais diélectriques. L'expérience montre que, dans des dispositions particulières, les décharges partielles peuvent conduire à une dégradation progressive de la rigidité diélectrique du matériau isolant, en particulier des isolants solides et des compartiments à remplissage de fluide.

Par ailleurs, il n'est pas encore possible d'établir une relation fiable entre les résultats des mesurages de décharges partielles et l'espérance de vie de l'équipement, en raison de la complexité des systèmes d'isolation utilisés dans l'appareillage sous enveloppe isolante solide.

BB.2 Application

Le mesurage des décharges partielles est en général approprié pour l'appareillage sous enveloppe isolante solide.

On ne peut pas donner de spécification générale relative à l'objet en essai en raison de la variété des conceptions. D'une façon générale, il convient que l'objet en essai comprenne des ensembles ou des sous-ensembles avec des contraintes diélectriques identiques à celles que subirait l'équipement complètement assemblé.

NOTE 1 Les objets en essai sur ensembles complets sont préférables. Dans le cas d'un appareillage intégré, en particulier lorsque les différentes parties actives et les connexions sont enrobées d'un isolant solide, les essais sont nécessairement effectués sur un ensemble complet.

NOTE 2 Dans le cas de conceptions constituées de combinaisons de composants conventionnels (par exemple, transformateurs de mesure, traversées) pouvant être soumises à essai séparément conformément aux normes les concernant, le but de cet essai de décharges partielles est de contrôler l'assemblage des composants dans l'ensemble.

Cet essai peut être effectué sur des ensembles ou des sous-ensembles. Il convient de veiller à ce que des décharges partielles externes ne perturbent pas les mesurages. Pour éviter ces décharges partielles externes, un blindage ou des électrodes de répartition peuvent être appliqués.

BB.3 Circuits d'essai et instruments de mesure

Les essais de décharges partielles doivent être conformes à l'IEC 60270.

NOTE L'intensité des décharges partielles est la charge apparente qui est généralement exprimée en picocoulombs (pC).

L'appareillage triphasé est soumis à l'essai soit sur un circuit d'essai monophasé, soit sur un circuit d'essai triphasé (se reporter au Tableau BB.1).

a) Circuit d'essai monophasé

Méthode A:

À utiliser comme méthode générale pour l'appareillage destiné à des réseaux dont le neutre est ou n'est pas directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, chacune des phases doit être reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases étant mises à la terre, ainsi que toutes les parties mises à la terre en service.

Méthode B:

A n'utiliser que pour l'appareillage destiné exclusivement à des réseaux dont le neutre est directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, deux installations d'essai doivent être utilisées.

Premièrement, les mesurages doivent être effectués à une tension d'essai égale à $1,1 U_r$. Chacune des phases doit être reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases étant mises à la terre. Il est permis d'isoler ou d'éloigner toutes les parties métalliques mises à la terre en service normal. De même, toute couche conductrice qui est normalement mise à la terre en service, peut être isolée de la terre pour cet essai.

Un mesurage supplémentaire doit être effectué à une tension d'essai réduite égale à $1,1 U_r / \sqrt{3}$, au cours duquel les parties qui sont à la terre en service sont mises à la terre et les trois phases sont reliées entre elles et à la source de tension d'essai.

b) Circuit d'essai triphasé

Si l'on dispose des moyens d'essai convenables, les essais de décharges partielles peuvent être effectués en triphasé.

Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser trois condensateurs de couplage connectés suivant la Figure BB.1. On peut utiliser un seul détecteur de décharges, relié successivement aux trois impédances de mesure.

Pour étalonner le détecteur sur une position de mesurage de la disposition triphasée, on injecte des impulsions de courant de courte durée et de charge connue entre chacune des phases prises à tour de rôle d'une part, la terre et les deux autres phases d'autre part. Pour la détermination de l'intensité des décharges, on utilise l'étalonnage donnant la plus petite déviation.

Dans le cas d'un équipement conçu pour une utilisation dans des systèmes à neutre non directement mis à la terre, un essai supplémentaire doit être réalisé (en tant qu'essai de type uniquement). Pour cet essai, chaque phase de l'objet en essai et la phase correspondante de la source de tension doivent être mises à la terre successivement, se reporter à la Figure BB.2.

BB.4 Procédure d'essai

On élève la tension d'essai appliquée à une valeur de précontrainte d'au moins $1,3 U_r$ ou $1,3 U_r / \sqrt{3}$ suivant le circuit d'essai (se reporter au Tableau BB.1) et on la maintient à cette valeur pendant au moins 10 s.

Les décharges partielles apparaissant durant cette période ne doivent pas être prises en considération. Puis on fait décroître sans interruption la tension jusqu'à $1,1 U_r$ ou $1,1 U_r / \sqrt{3}$ suivant le circuit d'essai, et l'intensité des décharges partielles est mesurée à cette valeur de la tension d'essai (se reporter au Tableau BB.1).

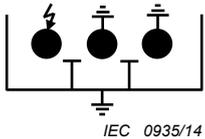
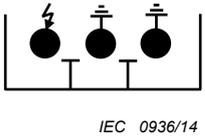
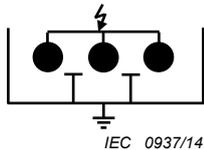
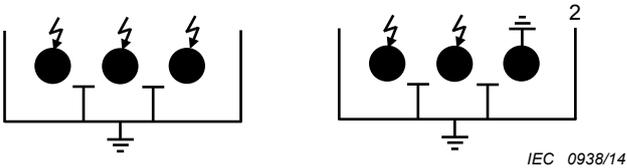
En variante, on peut effectuer l'essai de décharges partielles au cours de la décroissance de la tension après les essais de tension à fréquence industrielle.

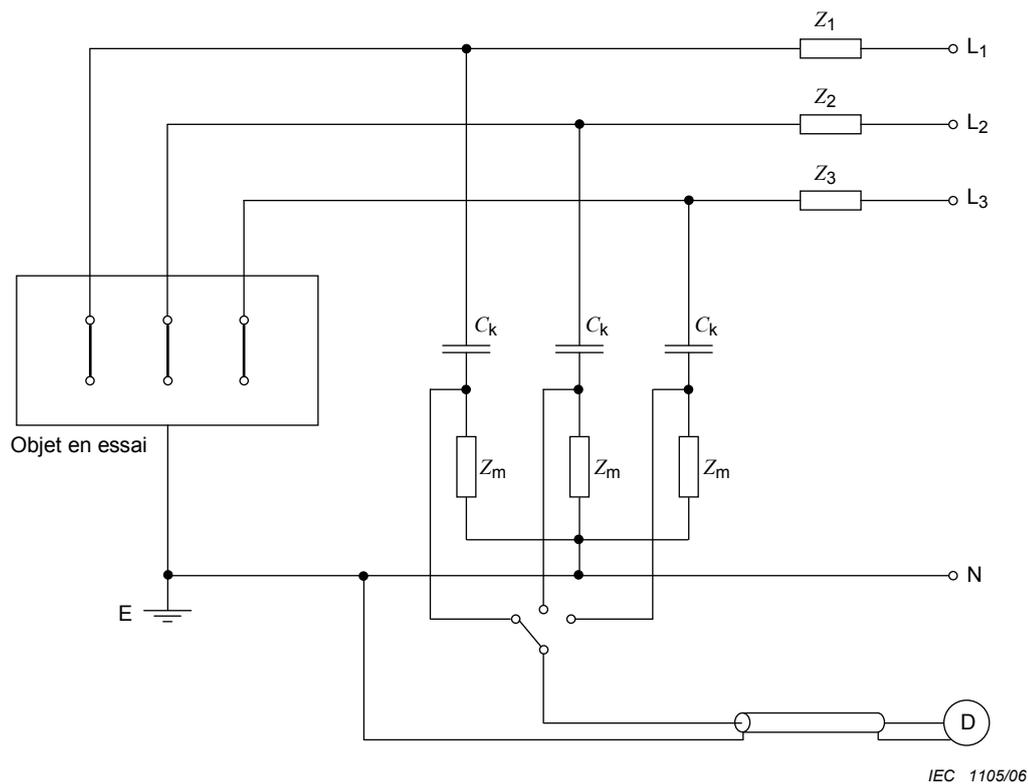
Autant que le permet le niveau du bruit de fond réel, il convient de noter les valeurs des tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles, comme information supplémentaire.

En général, il convient de réaliser les essais sur des ensembles ou des sous-ensembles avec les appareils de connexion en position de fermeture. Dans le cas de sectionneurs où la détérioration par les décharges partielles de l'isolation entre les contacts ouverts est concevable, il convient d'effectuer des mesurages complémentaires de décharges partielles avec le sectionneur en position d'ouverture.

Pour les équipements à remplissage de fluide, les essais doivent être réalisés au niveau minimal de fonctionnement, ou au niveau assigné de remplissage, selon celui qui est le plus défavorable. Pour les essais individuels de série, le niveau assigné de remplissage doit être appliqué.

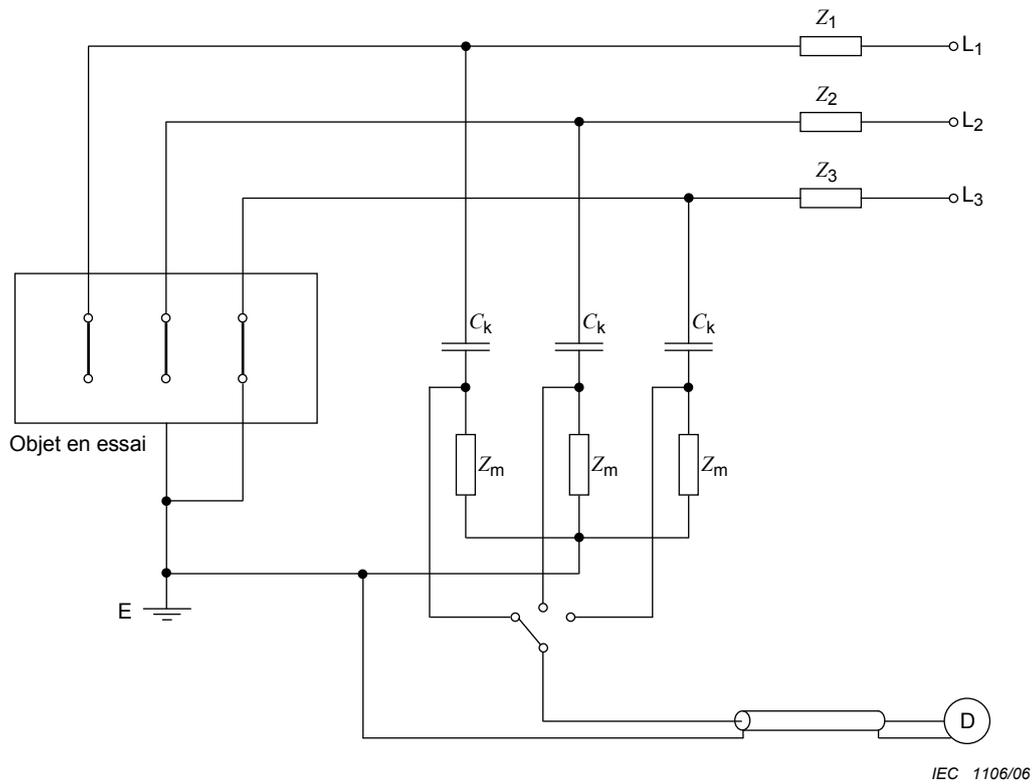
Tableau BB.1 – Circuits et méthodes d'essai

	Essai monophasé		
	Méthode A	Méthode B	
Source de tension connectée à	Chaque phase successivement	Chaque phase successivement	Trois phases simultanément
Éléments connectés à la terre	Deux autres phases et toutes les parties mises à la terre en service	Deux autres phases	Toutes les parties mises à la terre en service
Tension minimale de précontrainte	$1,3 U_r$	$1,3 U_r$	$1,3 U_r/\sqrt{3}$
Tension d'essai	$1,1 U_r$	$1,1 U_r$	$1,1 U_r/\sqrt{3}$
Schéma de base			
Essai triphasé			
Source de tension connectée à	Trois phases (Figures BB.1 et BB.2)		
Éléments connectés à la terre	Toutes les parties mises à la terre en service		
Tension minimale de précontrainte	$1,3 U_r$ ¹		
Tension d'essai	$1,1 U_r$ ¹		
Schéma de base			
¹ Tension entre phases ² Essai complémentaire dans le cas d'un réseau avec neutre non directement mis à la terre (pour les essais de type seulement).			

**Légende**

N	Connexion du neutre
E	Connexion de masse
L_1, L_2, L_3	Bornes pour la connexion des trois phases de la source de tension
Z_1, Z_2, Z_3	Impédances du circuit d'essai
C_k	Condensateur de couplage
Z_m	Impédance de mesure
D	Détecteur de décharges partielles

Figure BB.1 – Circuit d'essai de décharges partielles (montage triphasé)



Légende

- E Connexion de masse
- L_1, L_2, L_3 Bornes pour la connexion des trois phases de la source de tension
- Z_1, Z_2, Z_3 Impédances du circuit d'essai
- C_k Condensateur de couplage
- Z_m Impédance de mesure
- D Détecteur de décharges partielles

Figure BB.2 – Circuit d'essai de décharges partielles (système sans mise à la terre du neutre)

Annexe CC
(informative)

Divergences régionales

5.104 Dans certains pays, les réglementations imposent que la distance de sectionnement soit visible.

Annexe DD (normative)

Essai d'humidité

DD.1 Généralités

L'objet de l'essai d'humidité est de prouver que l'appareillage sous enveloppe isolante solide est sûr lorsqu'il est touché sur la surface accessible de l'enveloppe isolante solide, non seulement à sec, mais aussi avec de la condensation et de la pollution légère.

Dans des conditions normales de service, l'air ambiant n'est pas pollué matériellement. Cette indication n'exclut pas, cependant, la possibilité d'un certain degré de pollution apparaissant au cours du temps, en fonction de la fréquence et de la qualité du nettoyage et de la remise en état des surfaces isolantes solides.

Cet essai d'humidité ne couvre pas les exigences de sécurité relatives à d'autres facteurs d'influence, bien que la philosophie de cet essai puisse servir de base pour un essai de vieillissement en rapport avec la fiabilité en général.

L'appareillage sous enveloppe isolante solide est exposé à un certain nombre de cycles d'humidité et de température identiques dans une chambre d'essai, dans laquelle l'humidité est produite par du brouillard formé à partir d'eau conductrice. Au cours de cet essai, une tension alternative à fréquence industrielle est appliquée de manière continue à l'objet en essai.

DD.2 Procédure d'essai et conditions d'essai

DD.2.1 Cycle d'essai et durée de ce cycle

Il convient de choisir le cycle d'essai de telle sorte que toutes les surfaces de l'objet en essai soient mouillées pendant environ la moitié de sa durée et sèches pendant l'autre moitié. Afin d'obtenir ce résultat, le cycle d'essai se compose d'une période avec une température basse de l'air (T_{\min}) et d'une période avec une température élevée de l'air (T_{\max}) à l'intérieur de la chambre d'essai. Les deux périodes doivent avoir la même durée et la génération de brouillard doit être maintenue pendant la première moitié du cycle d'essai. La variation de température entre les deux périodes doit être de (10 ± 2) K. La valeur de la température basse de l'air (T_{\min}) doit être approximativement égale à la température de l'air ambiant à l'extérieur de la chambre d'essai (voir Figure DD.1).

Le début de la génération de brouillard (t_0) coïncide en principe avec le début de la période de température basse de l'air. Cependant, pour mouiller les surfaces verticales des matériaux avec une constante de temps thermique élevée, il peut être nécessaire de commencer la génération de brouillard plus tard, pendant la période de température basse de l'air.

La durée du cycle d'essai dépend des caractéristiques thermiques de l'appareillage sous enveloppe isolante solide, et doit être suffisamment longue, à la fois aux températures basses et élevées, pour provoquer le mouillage ou le séchage de toutes les surfaces isolantes solides.

Des cycles préliminaires doivent être effectués avec l'objet en essai placé dans la chambre d'essai afin d'observer et de vérifier ces conditions.

La température et l'humidité relative de l'air dans la chambre d'essai doivent être mesurées au voisinage immédiat de l'enveloppe isolante solide et doivent être enregistrées pendant toute la durée de l'essai.

NOTE Afin d'obtenir les conditions requises, une durée du cycle d'essai de 8 h est généralement satisfaisante.

DD.2.2 Génération de brouillard

Le brouillard est obtenu par la pulvérisation continue ou périodique de 0,2 dm³ à 0,5 dm³ d'eau conductrice par heure et par mètre cube du volume de la chambre d'essai. La résistivité de l'eau doit être de 30 Ωm avec une tolérance de ±10 % (équivalente à une conductivité de 0,033 S/m) à la valeur la plus faible de la température du cycle d'essai.

Le diamètre des gouttelettes doit être inférieur à 10 µm. Un tel brouillard peut être obtenu par des pulvérisateurs mécaniques situés au fond de la chambre d'essai et dirigés vers le haut, de telle manière que les surfaces isolantes solides de l'objet en essai ne soient pas aspergées directement. Il ne doit pas tomber d'eau du plafond sur l'objet en essai.

Pendant la génération de brouillard, la chambre d'essai doit être fermée et aucune ventilation forcée supplémentaire n'est autorisée.

Pour l'ajustement de la conductivité de l'eau, du chlorure de sodium (NaCl) est ajouté à l'eau distillée. Si de l'eau du réseau d'alimentation adaptée est disponible, elle peut aussi être utilisée.

NOTE 1 La relation entre la conductivité de l'eau et sa température est donnée dans l'IEC 60060-1.

NOTE 2 La méthode de mesure de la conductivité est donnée dans l'IEC 60507; se reporter à [5] de la Bibliographie.

DD.2.3 Période de température élevée de l'air

La température élevée de l'air est obtenue à l'aide d'un radiateur combiné à une ventilation forcée à l'intérieur de la chambre d'essai. Cette ventilation forcée ne doit pas être dirigée vers l'objet en essai.

DD.2.4 Chambre d'essai

Une proposition de chambre d'essai appropriée avec des murs fins est faite à la Figure DD.2.

Le volume de la chambre d'essai doit être d'au moins cinq fois le volume circonscrit de l'objet en essai. La hauteur de la chambre d'essai ne doit pas être supérieure à 2,5 m et les dimensions de la base doivent assurer que l'objet en essai placé au fond sera situé à au moins 0,15 m du mur et à au moins 0,5 m du pulvérisateur.

Aucune exigence particulière n'est indiquée pour les matériaux utilisés pour les murs de la chambre d'essai. Cependant, des matériaux présentant une conductibilité thermique élevée et une inertie thermique faible sont recommandés parce que, dans ce cas, les périodes de transition entre le mouillage et le séchage et entre le séchage et le mouillage n'influenceront pas de façon significative la durée au cours de laquelle les surfaces isolantes solides de l'objet en essai sont mouillées.

Si les murs ne satisfont pas à ces conditions, il convient de prendre des mesures particulières afin de s'assurer que la période au cours de laquelle les surfaces isolantes solides sont mouillées est approximativement égale à la moitié de la durée d'un cycle d'essai.

DD.2.5 Objet en essai

L'appareillage sous enveloppe isolante solide à soumettre à essai doit être à l'état neuf avec ses surfaces isolantes solides extérieures propres. Il doit être monté dans la chambre d'essai dans sa position droite habituelle, avec toutes les parties isolantes solides et la continuité du circuit principal étant assurée. Des mesures de prévention doivent être prises pour s'assurer que de l'eau ne s'accumule pas à l'intérieur de l'enveloppe isolante solide au cours de l'essai.

DD.2.6 Tension d'essai et tension d'alimentation

Au cours de l'essai d'humidité, les tensions à fréquence industrielle suivantes doivent être appliquées en continu au circuit principal de l'appareillage sous enveloppe isolante solide:

- U_r entre phases,
- $U_r/\sqrt{3}$ entre phase et terre.

DD.2.7 Durée totale de l'essai

La durée totale au cours de laquelle les surfaces sont mouillées doit être de 120 h. Normalement, la période de génération de brouillard est égale à la période de mouillage des surfaces qui doit être approximativement égale à la moitié de la durée d'un cycle d'essai; par conséquent, la durée totale de l'essai d'humidité sera d'au moins 240 h.

Si, pendant les cycles préliminaires, une différence considérable est observée entre la période de génération de brouillard et la période correspondante au cours de laquelle les surfaces sont mouillées, l'essai doit être basé sur la durée totale au cours de laquelle les surfaces isolantes solides sont mouillées.

DD.3 Critères d'essais et évaluation

DD.3.1 Critère pendant l'essai

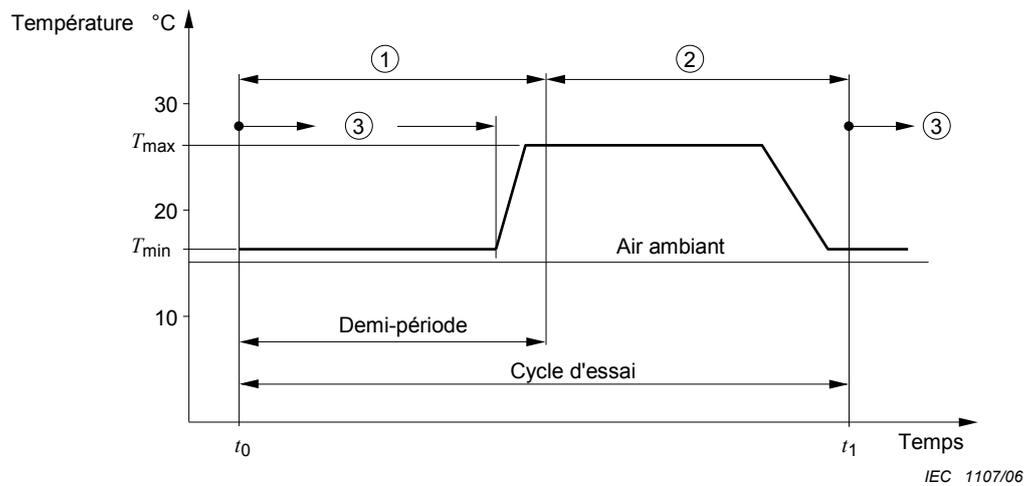
Pendant la durée totale de l'essai d'humidité, aucun contournement ne doit se produire, ni entre phases, ni entre phase et terre.

DD.3.2 Critère après l'essai

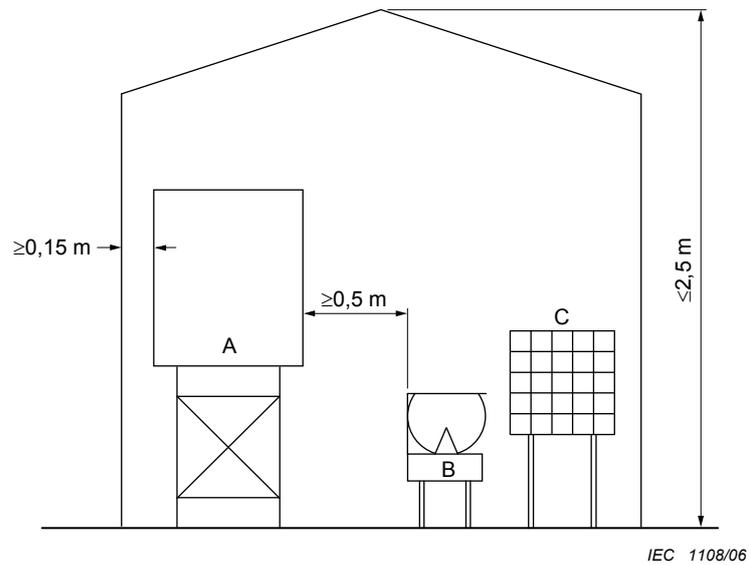
L'essai d'humidité doit être suivi, sans aucun nettoyage, d'un cycle d'essai supplémentaire. Pendant la période au cours de laquelle les surfaces sont mouillées, le courant de fuite doit être mesuré conformément au 6.104.3. Le courant de fuite à la terre à travers le feuillet métallique à tout endroit accessible et à tout moment de cette période ne doit pas dépasser 0,5 mA. D'autres cycles d'essai supplémentaires peuvent être effectués afin de vérifier la valeur du courant de fuite avec le feuillet métallique fixé en différents endroits des surfaces accessibles.

DD.3.3 Évaluation de l'essai

Si les critères de DD.3.1 et de DD.3.2 sont satisfaits, l'appareillage sous enveloppe isolante solide doit être considéré comme ayant réussi l'essai d'humidité.

**Légende**

- 1 période sur surfaces mouillées
- 2 période sur surfaces sèches
- 3 génération de brouillard

Figure DD.1 – Cycle d'essai**Légende**

- A objet en essai
- B pulvérisateur
- C radiateur

Figure DD.2 – Chambre d'essai

Annexe EE (informative)

Catégories de protection

EE.1 Catégorie de protection PA

La catégorie de protection PA a les trois configurations de base différentes suivantes:

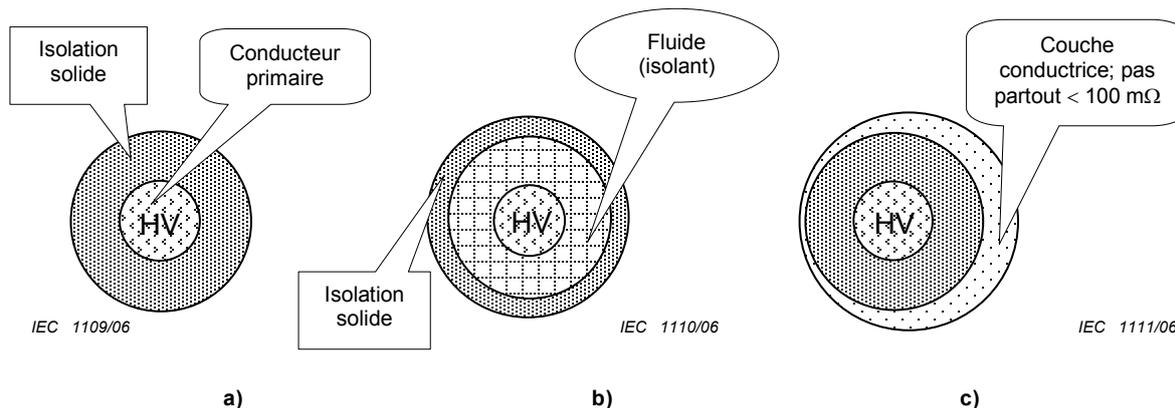


Figure EE.1 – Configurations possibles pour la catégorie de protection PA

Description des différentes conceptions représentées dans la Figure EE.1.:

- a) L'isolation solide elle-même satisfait aux exigences des points a), b), c) et d) de 5.102.3.
 A soumettre à l'essai avec un feuillet métallique de 100 cm² placé aux endroits les plus défavorables: essai de tension à fréquence industrielle et essai de tension aux chocs de foudre (6.104.2a)).
- b) L'isolation satisfait aux exigences des points a) et d) de 5.102.3.
 A soumettre à l'essai avec un feuillet métallique de 100 cm² placé aux endroits les plus défavorables: essai de tension à fréquence industrielle et essai de tension aux chocs de foudre (6.104.2a)).
 L'isolation solide satisfait aux exigences de 5.102.3b).
 Échantillon à soumettre à l'essai de tension à fréquence industrielle (6.104.2b)).
 Le fluide isolant satisfait aux exigences de 5.102.3c).
 À soumettre à l'essai avec 150 % U_r pendant 1 min à l'intérieur de l'isolation solide (6.104.2c)).
- c) Comme pour a) de la Figure EE.1

EE.2 Catégorie de protection PB

La catégorie de protection PB a les trois configurations de base différentes suivantes:

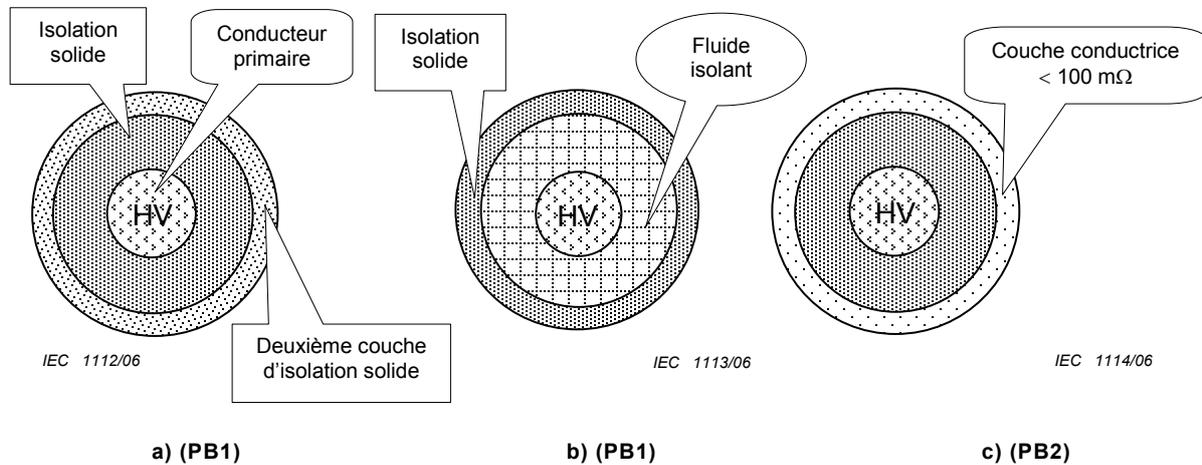


Figure EE.2 – Configurations possibles pour la catégorie de protection PB

Outre les exigences pour la catégorie de protection PA, les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent pour la catégorie de protection PB définie en Figure EE.2:

PB1:

- La deuxième couche de matériau isolant solide satisfait aux exigences de 5.102.3e).
À soumettre à l'essai séparément avec un feuillet métallique de 100 cm² et avec 150 % U_r pendant 1 min (6.104.2d)).
- L'isolation satisfait aux exigences de 5.102.3f).
À soumettre à l'essai avec de l'air ambiant à la place du fluide isolant, avec un feuillet métallique de 100 cm² à l'intérieur et avec 150 % U_r pendant 1 min (6.104.2d)).

PB2:

- La couche conductrice satisfait aux exigences de 5.102.3g).
Résistance à soumettre à l'essai conformément à 6.4.101.

Annexe FF
(informative)

Liste des symboles et abréviations utilisés dans l'IEC 62271-201

Description	Symbole	Article
Niveau d'alarme pour l'isolation	p_{ae}	3.6.5.3*
Courant de défaut d'arc et durée	I_A, t_A	4.101.4
Unité fonctionnelle de catégorie LSC1	LSC1	3.134.2
Unités fonctionnelles de catégorie LSC2	LSC2	3.134.1
Unité fonctionnelle de catégorie LSC2A	LSC2A	3.134.1.1
Unité fonctionnelle de catégorie LSC2B	LSC2B	3.134.1.2
Classification arc interne	IAC	3.135
Catégorie de perte de continuité de service	LSC	3.134
Niveau minimal de fonctionnement pour l'isolation	p_{me}	3.6.5.4*
Classe de cloisonnement	PI	3.111
Catégorie de protection PA	PA	3.140.1
Catégorie de protection PB	PB	3.140.2
Catégorie de protection PB1	PB1	3.140.2
Catégorie de protection PB2	PB2	3.140.2
Courant assigné en service continu	I_r	4.4.1
Tension continue d'essai des câbles assignée	U_{ct} (c.c.)	4.102.3
Durée de court-circuit assignée phase-terre	t_{ke}	4.7.102
Durée de court-circuit assigné	t_k	4.7.101
Niveau assigné de remplissage pour l'isolation	p_{re}	4.10
Fréquence assignée	f_r	4.3
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	U_p	4.2
Valeur de crête du courant admissible assigné phase-terre	I_{pe}	4.6.102
Valeur de crête du courant admissible assigné	I_p	4.6.101
Tension de tenue assignée à fréquence industrielle	U_d	4.2
Tension d'essai des câbles à fréquence industrielle assignée	U_{ct} (c.a.)	4.102.2
Courant de courte durée admissible assigné phase-terre	I_{ke}	4.5.102
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	4.5.101
Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande	f_a	4.9
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande	U_a	4.8
Tension assignée	U_r	4.1
Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre et durée	I_{Ae}, t_{Ae}	4.101.5
* Définition de l'IEC 62271-1		

Bibliographie

- [1] IEC 60050-195:1998, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*
 - [2] IEC 60050-601:1985, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*
 - [3] IEC 60059:1999, *Caractéristiques des courants normaux de l'IEC*
 - [4] IEC 60243-1:2013, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*
 - [5] IEC 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*
 - [6] IEC 60724:2000, *Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*
 - [7] IEC 60909-0:2001, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 0: Calcul des courants*
 - [8] IEC 61936-1:2010, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*
 - [9] IEC 62271-4:2013, *Appareillage à haute tension – Partie 4: Utilisation et manipulation de l'hexafluorure de soufre (SF₆) et des mélanges contenant du SF₆*
 - [10] IEC 62271-200:2011, *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*
 - [11] IEC/TS 62271-304:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 304: Classes de construction pour l'appareillage d'intérieur sous enveloppe pour tensions assignées à partir de 1 kV jusqu'à 52 kV inclus pour usage sous conditions climatiques sévères*
 - [12] IEEE C37.20.7:2001, *IEEE Guide for Testing Medium-Voltage Metal-Enclosed Switchgear for Internal Arcing Faults* (disponible en anglais seulement)
 - [13] IEEE 400.2:2004, *IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)* (disponible en anglais seulement)
 - [14] EN 50187:1996, *Compartiments sous pression de gaz pour appareillage à courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*
-

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