

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**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**

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**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**

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-88912-743-6

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 General	7
1.1 Scope.....	7
1.2 Normative references	8
2 Normal and special service conditions	8
3 Terms and definitions	9
4 Ratings.....	15
4.1 Rated voltage (U_r)	15
4.2 Rated insulation level	16
4.3 Rated frequency (f_r).....	16
4.4 Rated normal current and temperature rise	16
4.5 Rated short-time withstand currents (I_k).....	16
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	16
4.7 Rated durations of short circuit (t_k)	17
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	17
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits.....	17
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	17
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation	17
4.101 Ratings of the internal arc classification (IAC).....	17
4.102 Rated cable test voltages	19
5 Design and construction	19
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	19
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	19
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	20
5.4 Auxiliary and control equipment	21
5.5 Dependent power operation	21
5.6 Stored energy operation	21
5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	21
5.8 Operation of releases	21
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices.....	21
5.10 Nameplates	21
5.11 Interlocking devices	23
5.12 Position indication	23
5.13 Degrees of protection by enclosures	24
5.14 Creepage distances for outdoor insulators	24
5.15 Gas and vacuum tightness.....	24
5.16 Liquid tightness	24
5.17 Fire hazard (flammability)	24
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)	24
5.19 X-ray emission.....	24
5.20 Corrosion.....	24
5.101 Internal arc fault	25
5.102 Enclosure	25
5.103 High-voltage compartments	27

5.104	Removable parts	30
5.105	Provisions for dielectric tests on cables	30
6	Type tests	31
6.1	General	31
6.2	Dielectric tests	32
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	35
6.4	Measurement of the resistance of circuits	35
6.5	Temperature-rise tests	36
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	37
6.7	Verification of the protection	38
6.8	Tightness tests	39
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	39
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	39
6.11	X-radiation test procedures for vacuum interrupters	40
6.101	Verification of making and breaking capacities	40
6.102	Mechanical operation tests	41
6.103	Pressure withstand test for gas-filled compartments	42
6.104	Tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects	43
6.105	Weatherproofing test	44
6.106	Internal arc test	44
7	Routine tests	47
7.1	Dielectric test on the main circuit	48
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	48
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	48
7.4	Tightness test	48
7.5	Design and visual checks	48
7.101	Partial discharge measurement	48
7.102	Mechanical operation tests	49
7.103	Pressure tests of gas-filled compartments	49
7.104	Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	49
7.105	Tests after erection on site	49
7.106	Measurement of fluid condition after filling on site	50
8	Guide to the selection of switchgear and controlgear	50
8.101	General	50
8.102	Selection of rated values	50
8.103	Selection of design and construction	50
8.104	Internal arc fault	55
8.105	Summary of technical requirements, ratings and optional tests	59
8.106	Ratings of earthing circuits	61
8.107	Ratings for cable testing	61
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	61
9.1	Information with enquiries and orders	61
9.2	Information with tenders	62
10	Transport, storage, installation, operation and maintenance	63
10.1	Conditions during transport, storage and installation	63
10.2	Installation	63
10.3	Operation	63

10.4 Maintenance.....	63
11 Safety.....	63
11.101 Procedures.....	64
11.102 Internal arc aspects.....	64
12 Influence of the product on the environment	64
Annex AA (normative) Internal arc fault – Method to verify the internal arc classification (IAC).....	65
Annex BB (normative) Partial discharge measurement.....	80
Annex CC (informative) Regional deviations	86
Bibliography.....	87
Figure 101 – LSC1.....	54
Figure 102 – LSC2.....	54
Figure 103 – LSC2.....	54
Figure 104 – LSC2A	54
Figure 105 – LSC2B	54
Figure 106 – LSC2B	54
Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators	73
Figure AA.2 – Horizontal indicator.....	73
Figure AA.3 – Position of the indicators	74
Figure AA.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, classified rear side, functional unit of any height	75
Figure AA.5 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, classified rear side, functional unit greater than or equal to 1 900 mm high	76
Figure AA.6 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, classified rear side, functional unit less than 1 900 mm high.....	77
Figure AA.7 – Test arrangement for overhead connected pole-mounted switchgear and controlgear.....	78
Figure AA.8 – Ceiling height stated from the floor or false floor level where the switchgear is actually placed	79
Figure BB.1 – Partial discharge test circuit (three-phase arrangement).....	84
Figure BB.2 – Partial-discharge test circuit (system without earthed neutral)	85
Table 101 – Nameplate information	21
Table 102 – Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal arc faults	56
Table 103 – Single phase-to-earth arc fault current depending on the network neutral earthing	58
Table 104 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for metal-enclosed switchgear	59
Table AA.1 – Parameters for internal fault test according to compartment construction.....	72
Table BB.1 – Test circuits and procedures.....	83

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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**

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 62271-200 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 2003. It is a technical revision.

This second edition of IEC 62271-200 has been further updated and improved to the experience gained with the first edition of IEC 62271-200. As maintenance result, this second edition of IEC 62271-200 introduces the following significant changes:

- definitions, classifications and testing procedures are specified more precisely;
- categories LSC2A and LSC2B have been clarified and LSC2 has been assigned a separate definition;
- specific ratings related to fault level to earth (4.5 to 4.7) are introduced;

- solid insulated high-voltage parts are no longer considered as compartments on their own;
- an optional rating "cable test voltage" and the associated requirements and type tests are introduced;
- for testing the internal arc classification, when assigned by the manufacturer, more specific guidance is provided regarding the test arrangement, room simulation and arc initiation;
- a single phase to earth ignition is also recognised for internal arc testing;
- the Annexes A and B are renumbered Annexes AA and BB.

The level of severity of internal arc testing is maintained without changes.

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

FDIS	Report on voting
17C/523/FDIS	17C/534/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 International Standard should be read in conjunction with IEC 62271-1:2007, 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.

A list of all parts of the IEC 62271 series can be found, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, 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 200: AC metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV for indoor and outdoor installation, and for service frequencies up to and including 60 Hz. Enclosures may include fixed and removable components and may be filled with fluid (liquid or gas) to provide insulation.

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.

This standard defines several categories of metal enclosed switchgear and controlgear which differ due to

- the consequences on network service continuity in case of maintenance on the switchgear and controlgear;
- the need and convenience of maintenance of the equipment.

NOTE 3 Safety of an installation results from the design, implementation and coordination of products, installations and operations.

For metal-enclosed switchgear and controlgear containing gas-filled compartments, the design pressure is limited to a maximum of 300 kPa (relative pressure).

NOTE 4 Gas-filled compartments having a design pressure exceeding 300 kPa (relative pressure) should be designed and tested in accordance with IEC 62271-203; refer to [6] of Bibliography.

Metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear are to be 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 is to be taken into account.

NOTE 5 Switchgear and controlgear assemblies having an insulation enclosure are covered by IEC 62271-201.

NOTE 6 Metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 52 kV insulated by ambient air may be covered by this standard taking into account the insulation levels of IEC 62271-1.

1.2 Normative references

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

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

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

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

IEC 60470:1999, *High-voltage alternating current contactors and contactor-based motor-starters*

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

IEC 62262, *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*

IEC 62271-100, *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*

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

IEC 62271-105, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations*

IEC 62271-201:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC/TS 62271-304, *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*

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 is applicable with the following addition:

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

Metal-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 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

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

3.102

metal-enclosed switchgear and controlgear

switchgear and controlgear assemblies with an external metal enclosure intended to be earthed and completely assembled, except for external connections

[IEC 60050-441:1984, 441-12-04, modified]

3.103

functional unit

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-04, modified]

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

3.104

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

3.105

transport unit

part of metal-enclosed switchgear and controlgear, prefabricated, and suitable for shipment without being dismantled

3.106

enclosure

part of metal-enclosed switchgear and controlgear providing a specified degree of protection of equipment against external influences and a specified degree of protection against approach to or contact with live parts and against contact with moving parts

[IEC 60050-441:1984, 441-13-01 modified]

3.107

high-voltage compartment

compartment of metal-enclosed switchgear and controlgear containing high-voltage conducting parts, enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation. Four types of high-voltage compartments are distinguished, three that can be opened, called accessible (see 3.107.1 to 3.107.3) and one that cannot be opened, called non-accessible (see 3.107.4)

NOTE 1 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 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 High-voltage compartments are identified according to the main component(s) contained therein or to the main function provided (refer to 5.103.1).

3.107.1

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 Installation, extension, repair, etc. are not considered as normal maintenance.

3.107.2

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 Installation, extension, repair, etc. are not considered as normal maintenance.

3.107.3

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 Special procedures are required.

3.107.4

non-accessible compartment

high-voltage compartment that must not be opened

NOTE Opening may destroy the integrity of the compartment.

3.107.5

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

3.108

partition

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-06, modified]

NOTE 1 Movable shutters intended for shielding may become an integral part of the partition.

NOTE 2 Partitions may be fitted with parts that allow interconnection between compartments (e.g. bushings).

3.109

partition class

class defining whether metallic or non-metallic material is used for partitions

3.109.1**partition class PM**

metal-enclosed switchgear and controlgear providing continuous metallic partitions and/or shutters (if applicable), intended to be earthed, between opened accessible compartments and high-voltage live parts

3.109.2**partition class PI**

metal-enclosed switchgear and controlgear having one or more non-metallic partitions or shutters between opened accessible compartments and high-voltage live parts

3.110**shutter**

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-07, modified]

3.111**segregation** (of conductors)

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

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

NOTE 1 A segregation may be established between the conductors as well as between the open contacts of a switching device or disconnector.

NOTE 2 This definition does not specify any mechanical protection (IP and IK).

3.112**bushing**

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

3.113**component**

essential part of the high-voltage or earthing circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear which serves a specific function (for example, circuit-breaker, disconnector, switch, fuse, instrument transformer, bushing, busbar)

3.114**main circuit**

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-02, modified]

3.115**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

NOTE Parts of metallic enclosures connected to the earthing system may be considered as part of the earthing circuit, refer to 5.3

3.116

auxiliary circuit

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-03, modified]

NOTE The auxiliary circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

3.117

pressure relief device

device intended to relieve over pressure from a compartment

3.118

fluid-filled compartment

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

3.118.1

gas-filled compartment

refer to subclause 3.6.6.1 of IEC 62271-1

3.118.2

liquid-filled compartment

high-voltage compartment of metal-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 For pressure systems, refer to subclause 3.6.5 of IEC 62271-1.

3.119

relative pressure

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

3.120

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 metal-enclosed switchgear and controlgear are maintained

3.121

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

3.122

design temperature (of fluid-filled compartments)

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

3.123

ambient air temperature (of metal-enclosed switchgear and controlgear)

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

3.124**removable part**

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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-08, modified]

3.125**withdrawable part**

removable part of metal-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

[IEC 60050-441:1984, 441-13-09, modified]

3.126**service position****connected position**

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

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

3.127**earthing position**

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

[IEC 60050-441:1984, 441-16-26, modified]

3.128**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

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

3.129**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

[IEC 60050-441:1984, 441-16-28, modified]

NOTE In high-voltage metal-enclosed switchgear and controlgear, the auxiliary circuits may not be disconnected.

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

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

[IEC 60050-441:1984, 441-16-29, modified]

3.131**loss of service continuity category****LSC**

category defining the possibility to keep other high-voltage compartments and/or functional units energised when opening an accessible high-voltage compartment, as stated in definitions 3.107.1 to 3.107.3.

NOTE 1 The LSC category describes the extent to which the switchgear and controlgear are intended to remain operational in case access to a high-voltage 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 The LSC category does not describe ranks of reliability of switchgear and controlgear (refer to 8.103).

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

3.131.1

category LSC2 functional unit

functional unit having at least an accessible compartment for the high-voltage connection (called connection compartment), 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 When LSC2 functional units have accessible compartments other than the connection compartment, further subdivisions into LSC2A and LSC2B are defined.

3.131.1.1

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

3.131.1.2

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

3.131.2

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

3.132

internal arc classified switchgear and controlgear

IAC

metal-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 The internal arc classification is described by the characteristics given from 3.132.1 to 3.132.4.

3.132.1

type of accessibility

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

3.132.2

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

3.132.3

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

3.132.4**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

3.133**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

NOTE Refer to 3.3 of IEC 60529:1989.

3.134**rated value**

Subclause 3.7.3 of IEC 62271-1 is applicable

NOTE Refer to Clause 4 for individual rated values.

3.135**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 The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

NOTE 2 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 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 gaseous or liquid medium. The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

4 Ratings

The ratings of metal-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}) (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 metal-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)

Subclauses 4.1 and 4.1.1 of IEC 62271-1 are applicable.

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

4.2 Rated insulation level

Subclause 4.2 of IEC 62271-1 is applicable.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 62271-1 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 is applicable with the following addition:

Some main circuits of metal-enclosed switchgear and controlgear (for example, busbars, feeder circuits, etc.) may have different values of rated normal current.

4.4.2 Temperature rise

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

The temperature rise of metal-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 standards 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. 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, if not accessible to the public.

4.5 Rated short-time withstand currents (I_k)

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

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 may 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 is applicable with the following addition:

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 may 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 durations of short circuit (t_k)

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

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 may 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 also 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 is applicable.

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

Subclause 4.9 of IEC 62271-1 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 4.10 of IEC 62271-1 is applicable.

4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation

Subclause 4.11 of IEC 62271-1 is applicable.

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

Three types of accessibility to the enclosure of metal-enclosed switchgear and controlgear at the site of installation are defined:

Accessibility Type A: restricted to authorized personnel only.

Accessibility Type B: unrestricted accessibility, including that of the general public.

Accessibility Type C: restricted by installation out of reach and above a general public area.

For type C the minimum approach distance shall be stated by the manufacturer (refer to Figure AA.7). The minimum installation height is the declared minimum approach distance plus 2 m

NOTE 1 Accessibility type C is intended for pole mounted switchgear and controlgear.

NOTE 2 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 [8] of Bibliography.

4.101.3 Classified sides

For accessibility type A and B 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. Classified sides do not apply to switchgear and controlgear of accessibility type C.

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 [2] 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 should be 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 may 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 [9] of Bibliography

5 Design and construction

Metal-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.

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 interchangeability. 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 that the functional unit is capable of operation at the increased ratings of the removable part or component.

The various components contained within the 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 is applicable.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 5.2 of IEC 62271-1 is applicable

NOTE For the handling of SF₆ refer to IEC/TR 62271-303. ([7] of Bibliography)

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

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

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 which become accessible after being separated from the switchgear and controlgear.

5.3.102 Earthing of the enclosure

The enclosure of each functional unit shall be connected to the earthing system. Small parts fixed on the enclosure, up to a maximum of 12,5 mm in diameter, need not be connected to the earthing system, for example, screw heads. All the metallic parts intended to be earthed and not belonging to a high-voltage or auxiliary circuit shall also be connected to the earthing system.

The interconnections within the functional unit shall be secured by a technology providing electrical continuity between the frame, covers, doors, partitions or other structural parts (for example, fastening by bolting or welding). Doors of the high-voltage compartments shall be connected to the frame by adequate means.

Transport units shall be interconnected during final installation. This interconnection between the adjacent transport units shall be capable of carrying the rated short-time and peak withstand current for the earthing circuit.

NOTE 1 Enclosure and doors are dealt with in 5.102.

NOTE 2 EMC demands for the complete installation may require a special approach of the earthing circuit of the switchgear and controlgear.

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 provide a current-carrying capability not less than that required for enclosures (see 5.102.1).

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 (see 4.5, 4.6 and 4.7).

5.3.105 Earthing circuit

The earthing circuit of the switchgear and controlgear 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.

NOTE 1 In general, the above requirement is fulfilled if an earthing conductor of adequate cross-section is provided extending the whole length of the metal-enclosed switchgear and controlgear. As guidance, the current density in the earthing conductor, if of copper, should under the specified earth-fault conditions 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.

NOTE 2 A method of calculating cross-sectional areas of conductors is given in IEC 60724; refer to [4] 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.

If a dedicated earthing conductor is applied as earthing circuit of the switchgear and controlgear, its cross-section shall be not less than 30 mm².

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 62271-1 is applicable.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 62271-1 is applicable.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 62271-1 is applicable.

5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1 is applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 62271-1 is applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 62271-1 is applicable.

5.10 Nameplates

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

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

Table 101 – Nameplate information

	Abbreviation	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	

	Abbreviation	Unit	**	Condition: Marking only required if
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
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 I_k for 50 Hz and 2,6 I_k for 60 Hz
Rated duration of short circuit	t_k	s	X	
Rated short-time withstand current for earthing circuits	I_{ke}	kA	Y	if different from I_k (main circuit)
Rated peak withstand current for earthing circuits	I_{pe}	kA	Y	if 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	if different from t_k (main circuit)
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, B or C	(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	if 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 marking of these values are given in column (5).				
NOTE 1 The abbreviation in column (2) may be used instead of the terms in column (1).				
NOTE 2 When terms in column (1) are used, the word "rated" need not appear.				

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.

The removable parts, if any, shall have a separate nameplate with the data relating to the functional units they belong to, but this nameplate need only be legible when the removable part is in the removed position.

5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 62271-1 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) Metal-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 only 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 any auxiliary circuits associated with the automatic opening of these devices are connected. Conversely, it shall prevent the disconnection of the auxiliary circuits with the circuit-breaker closed in the service position.

b) Metal-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 may 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 disconnectors.

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

5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclauses 5.13, of IEC 62271-1 is applicable with the following additions.

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 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 is applicable with the following addition:

Equipment to be installed outdoor shall provide a minimum degree of protection IPX3 or IPXXW.

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

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

For indoor installation, the minimum impact level is IK07 to IEC 62262 (2 J).

5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1 is applicable.

5.15 Gas and vacuum tightness

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

Refer to 5.103.2.3.

5.16 Liquid tightness

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

Refer to 5.103.2.3.

5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1 is applicable.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1 is applicable.

5.19 X-ray emission

Subclause 5.19 of IEC 62271-1 is applicable.

5.20 Corrosion

Subclause 5.20 of IEC 62271-1 is applicable.

5.101 Internal arc fault

Metal-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 6.106, the classification shall be indicated by means of a designation as follows:

- Classification: IAC (Internal Arc Classified)
- Type Accessibility: A, B, C
- 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 Enclosure

5.102.1 General

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.

The enclosure shall be metallic. However, parts of the enclosure may be of non-metallic material, provided that all high-voltage parts are completely enclosed by metallic partitions or shutters that are connected to the earthing circuit.

Exceptions are:

- inspection windows complying with 5.102.4;
- the floor surface below the installed switchgear and controlgear provided that it is solid, and does not allow access underneath the switchgear and controlgear

When the metal-enclosed switchgear and controlgear is installed, the enclosure shall provide at least the degree of protection IP 2X, according to IEC 62271-1, 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.

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

Enclosures shall also ensure protection in accordance with the following conditions.

Metallic parts of the enclosures shall be designed to carry 30 A (d.c.) with a voltage drop of maximum 3 V to the earthing point provided.

Parts of the enclosure bordering non-accessible high-voltage 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 Covers and doors

Covers and doors that are parts of the enclosure shall be metallic. Excepted are covers and doors that may be of insulating material, provided that high-voltage parts are enclosed by metallic partitions or shutters intended to be earthed.

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

Covers or doors shall not be made of woven wire mesh, expanded metal or similar. When ventilating openings, vent outlets or inspection windows are incorporated in the cover or door, reference is made to 5.102.4 or to 5.102.5.

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 should be opened only when precautions to ensure electrical safety have been taken.

NOTE 2 Attention should be 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 compartments shall be provided with interlocking devices so that opening of the compartment shall only be possible when the high-voltage parts contained in the compartment being made accessible are dead and earthed, or are in the disconnected position with corresponding shutters closed;

- procedure-based accessible compartments.

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

NOTE 3 Suitable procedures should be put in place by the user to ensure that a procedure-based accessible compartment may 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 may 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 may be applicable.

5.102.3 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 3.127 to 3.130, they shall be metallic, earthed and provide the degree of protection specified for the enclosure.

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 3.127 to 3.130 and if no door is provided which can be closed in the positions defined in 3.126 to 3.130;
- if a door is provided which can be closed in the positions defined in 3.126 to 3.130, the partition or shutter behind the door is not considered to be a part of the enclosure.

5.102.4 Inspection windows

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

They shall be covered by a transparent sheet of mechanical strength comparable to that of the enclosure. Precautions shall be taken to prevent the formation of dangerous electrostatic charges, either by clearance or by electrostatic shielding (for example, a suitable earthed wire-mesh on the inside of the window).

The insulation between high-voltage live parts and the accessible surface of the inspection windows shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1 for voltage tests to earth and between poles.

5.102.5 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 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.

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

NOTE Compartments may 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).

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.

Solid insulated high-voltage parts, intended to remain live when accessing the high-voltage compartment, shall comply with 5.102.2 of IEC 62271-201:2006.

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).

For outdoor installations, the manufacturer shall take into account the influence of climatic conditions (refer to Clause 2 of IEC 62271-1).

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. For outdoor installations, other possible influences, such as solar radiation, shall be taken into account. The design pressure of the compartment is 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). This shall take into account the relative limits fixed in Table 13 of IEC 62271-1 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 pressure 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 3.120).

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 an operator during the time that he is performing his 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, bursting disk.

5.103.3 Partitions and shutters

5.103.3.1 General

Partitions and shutters shall provide at least the degree of protection IP2X according to IEC 62271-1, 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 metal-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 3.126 to 3.130. 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 high-voltage compartment, (for example, connection 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 an 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).

For class PM, partitions and shutters between opened compartments and remaining high-voltage live parts of the assembly, shall be metallic; otherwise, the class is PI (refer to 3.109).

5.103.3.2 Metallic partitions and shutters

Metallic partitions and shutters or metallic parts of them shall be connected to the earthing point of the functional unit and be designed to carry 30 A (d.c.) with a voltage drop of less than 3 V to the earthing point provided.

Discontinuity in the metallic partitions and closed shutters shall be less than 12,5 mm.

NOTE The word "discontinuity" covers any insulating or non-earthed area, or path, through the partition.

5.103.3.3 Non-metallic partitions and shutters

Non-metallic partitions and shutters, made or partly made of insulating material, shall meet the following requirements:

- a) the insulation between high-voltage live parts and the accessible surface of insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1 for voltage tests to earth and between poles;
- b) the 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 [3] of Bibliography;
- c) the insulation between high-voltage live parts and the inner surface of insulating partitions and shutters facing these shall withstand at least 150 % of the rated voltage of the equipment if a separate insulating medium is defined in between;
- d) if a leakage current may reach the accessible side of the 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 6.104.2).

5.104 Removable parts

Removable parts for ensuring the isolating distance 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 disconnector 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 disconnector 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 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

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. In this case the switchgear and controlgear

shall 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

6.1 General

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

Components contained in metal-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 representative functional units. Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is not practicable to make type tests with all the arrangements of metal-enclosed switchgear and controlgear. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

NOTE 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:

Mandatory type tests:

- a) tests to verify the insulation level of the equipment (see 6.2);
- b) tests to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of circuits (see 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 (see 6.6);
- d) tests to prove the making and breaking capacity of the included switching devices (see 6.101);
- e) tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices and removable parts (see 6.102);
- f) tests to verify the IP protection code (see 6.7.1);
- g) tests to verify auxiliary and control circuits (see 6.10).

Mandatory type tests, where applicable:

- h) tests to verify the protection of the equipment against mechanical impact (see 6.7.2);
- i) tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects (see 6.104);
- j) tests to verify the strength of gas-filled compartments (see 6.103);
- k) tightness tests of gas- or liquid-filled compartments (see 6.8);
- l) tests to assess the effects of arcing due to an internal arc fault (for switchgear and controlgear classification IAC) (see 6.106);
- m) electromagnetic compatibility tests (EMC) (see 6.9);
- n) x-radiation test procedures for vacuum interrupters (see 6.11);
- o) tests to verify the protection of the equipment against external effects due to weather (see 6.105);
- p) dielectric tests on cable testing circuits (see 6.2.101).

Optional type tests (subject to agreement between manufacturer and user):

- q) tests to evaluate the insulation of the equipment by the measurement of partial discharges (see 6.2.9);
- r) artificial pollution tests for outdoor insulators (see 6.2.8).

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 is applicable with the following modifications:

The mandatory type tests (not including items l, m and n) 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 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

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

For the report regarding internal arc tests, refer to 6.106.6.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.2 Wet test procedure

Not applicable, as no dielectric tests under wet conditions are necessary for metal-enclosed switchgear and controlgear.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

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

For metal-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 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 is applicable with the exception of 6.2.5.1 and with the following additions:

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, they shall cover the following tests.

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 or the frame and to the earth terminal of the test supply.

If the phase conductors are segregated, only tests to earth shall apply.

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.

In order to check compliance with the requirements of 5.102.4 and item a) of 5.103.3.3, inspection windows, partitions and shutters of insulating material shall be covered on the side accessible during operation or maintenance, in the most unfavourable situation for the test, with a circular or square metal foil having 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 tests shall be repeated with different situations. For convenience of testing, subject to agreement between testing station and manufacturer, more than one metal foil may be applied simultaneously or larger parts of the insulating material may be covered.

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.

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, in the disconnected or test position, an earthed metallic shutter is interposed between the disengaged contacts to assure a segregation, the gap between the earthed metallic shutter and the live parts shall withstand only the test voltages required to earth.

If there is no segregation between the fixed part and the withdrawable part when an isolating distance is established, the test voltages specified across 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.

c) Complementary tests

In order to check compliance with the requirement of item c) of 5.103.3.3, if applicable, the insulation between the high-voltage live parts and the inside of insulating partitions or shutters shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150 % of the rated voltage U_r for 1 min after covering the inner surface of the partition or shutter facing the live parts by an earthed metal foil as described under a) above.

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

Subclause 6.2.6 of IEC 62271-1 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. 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 is replaced by 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 earth and to the enclosure of the metal-enclosed switchgear and controlgear, except that 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 earth and to the enclosure in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure 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 enclosure shall, if necessary, be insulated from earth.

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

Subclause 6.2.6.2 of IEC 62271-1 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.

During the lightning impulse voltage tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the enclosure of the metal-enclosed switchgear and controlgear, except that during the tests in accordance with item b) of 6.2.5, the enclosure may be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure 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 is not applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 6.2.8 of IEC 62271-1 is applicable.

6.2.9 Partial discharge tests

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

This test is subject to agreement between manufacturer and user.

If the test is performed, it shall be according to Annex BB.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 62271-1 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 is applicable.

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:

- The rated voltage U_r shall be applied as a single phase voltage between earth and all phase conductors on the busbar side connected together.
- 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.

If, during this test, there is segregation between the cable test connections and the busbars, the test voltage on the busbar side can be omitted.

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

Subclause 6.3 of IEC 62271-1 is not applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

6.4.1 Main circuit

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

The measured resistance across the complete main circuit of an assembly of metal-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 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 62271-1 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 between one end of the length of busbars and 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 is applicable.

6.5.2 Arrangement of the equipment

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

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 5 K.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Subclause 6.5.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.4 Ambient air temperature

Subclause 6.5.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.5 Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment

Subclause 6.5.5 of IEC 62271-1 is applicable.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

Subclause 6.5.6 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

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

a) Test on main circuits

Main circuits of metal-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 metal-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 the rated voltage of the switchgear and controlgear. Other test voltages can be used, if it can be demonstrated that both the applied peak current and resulting thermal effects are equal to, or higher than, those with rated voltage.

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.

b) Tests on earthing circuits

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of metal-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their capability to withstand their rated short-time and peak withstand currents (I_k and I_{ke} , as applicable). They shall be tested as installed in the metal-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 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 is applicable.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

Subclause 6.6.3 of IEC 62271-1 is applicable.

6.6.4 Conditions of switchgear and controlgear after test

Subclause 6.6.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.7 Verification of the protection

6.7.1 Verification of the IP coding

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

For metal-enclosed assemblies, 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 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 62271-1 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 is applicable.

6.10.2 Functional tests

Subclause 6.10.2 of IEC 62271-1 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 is applicable.

6.10.4 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

Subclause 6.10.4 of IEC 62271-1 is applicable.

6.10.5 Environmental tests

Subclause 6.10.5 of IEC 62271-1 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;
- when the tests as stated in 6.10.5 of IEC 62271-1 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 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 is applicable.

6.11 X-radiation test procedures for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1 is applicable.

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

6.101 Verification of making and breaking capacities

6.101.1 General

Switching devices forming part of the main circuit and earthing switches of metal-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 metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear with identical or more onerous conditions.

NOTE 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 influence 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 test current 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 subclause 6.103.4 of that standard for the test connection arrangement, where applicable.

IEC 62271-103: 10 CO operations with rated mainly active load breaking current (Test duty 1). Test duty 5 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 60470: Verification of coordination with SCPDs to 6.106 of IEC 60470:1999.

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 6.101.2 and 6.101.3 of IEC 62271-102 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 metal-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.

NOTE 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 should be reduced to 25. Any operations not included in this sequence should 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 Mechanical and electromechanical 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 to be satisfactory, if:

- a) the switching devices cannot be operated,
- b) access to the interlocked compartments is prevented,
- 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 may 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 a 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 three 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.

NOTE The test is intended to demonstrate the over-pressure behaviour under service conditions; therefore the adjacent compartments should be at atmospheric pressure. Care should be 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 three times the design pressure of the compartment for 1 min. After the test, the compartment may be distorted, but the compartment shall not rupture.

NOTE The test is intended to demonstrate the over-pressure behaviour under service conditions; therefore the adjacent compartments should be at atmospheric pressure. Care should be taken of the pressure difference when evacuating adjacent compartments.

6.104 Tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects

6.104.1 General

This subclause applies to non-metallic partitions and shutters intended for protection from effects of 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.

Solid insulation embedded high-voltage parts that are intended to remain live when accessing the high-voltage compartment shall be tested according to 6.104 of IEC 62271-201:2006.

6.104.2 Dielectric tests

- a) The insulation between high-voltage live parts and the accessible surface of insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1 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 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 [3] of Bibliography
- c) The insulation between high-voltage live parts and the inner surface of insulating partitions and shutters facing these shall be tested at 150 % of the rated voltage of the equipment for 1 min. For the test, the inner surface of the partition or shutter shall be earthed by applying a conductive layer of at least 100 cm², at the most onerous point. The test set-up shall be as specified in item a) of 6.2.5.

6.104.3 Measurements of leakage currents

When metal-enclosed switchgear and controlgear contains insulating partitions, insulating 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 requirement of item d) of 5.103.3.3.

The main circuit shall, at the discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the metal-enclosed switchgear and controlgear, with one phase connected to earth, or to a single-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, 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 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. The enclosure and the frame of the metal-enclosed switchgear and controlgear shall be earthed. 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 5.103.3.3, the continuous path over 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 insulating partitions and shutters, the gaps shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 62271-1 for voltage tests to earth and between poles.

It is not necessary to measure leakage currents, if earthed metal parts are arranged in an appropriate manner to ensure that leakage currents cannot reach the accessible parts of the insulating partitions and shutters.

6.105 Weatherproofing test

When the supplementary letter W is specified in accordance with 5.13 the test method given in Annex C of IEC 62271-1 shall be applied.

6.106 Internal arc test

6.106.1 General

The test is applicable to metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear;
- the change of state of shutters while withdrawable or removable parts are moving.

6.106.2 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 6.106.3).

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.

NOTE 1 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 may 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.

NOTE 2 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.

6.106.3 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).

- in the case of pole-mounted equipment, the test specimen shall be mounted on a pole. If there is a control box and/or electrical/mechanical linkages to the base of the pole, these shall be fitted at a distance below the test specimen typical of a service installation. The height of the test specimen shall be at a convenient height allowing for the indicators as specified in AA.2.2, and for the control box and/or electrical/mechanical linkages (if applicable);
- 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.

6.106.4 Test procedure

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

6.106.5 Criteria to pass the test

IAC classification is demonstrated for the metal-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 enclosure remains connected to its earthing point. Visual inspection is generally sufficient to assess compliance. In case of doubt, the continuity of the earthing connection shall be checked (refer to 6.6, point b)).

6.106.6 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 metal-enclosed switchgear and controlgear to the floor and/or to the walls. For pole-mounted metal-enclosed switchgear and controlgear, the pole characteristics with the method of fixing to the pole shall be given;
- 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;

NOTE 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.8.

- 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, B or C), 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 6.106.5;
- other relevant remarks.

6.106.7 Transferability of test results

The validity of the results of a test carried out in a functional unit of a particular metal-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 this other functional unit 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).

7 Routine tests

The routine tests shall be made 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 with the addition of the following routine tests:

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

NOTE 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 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 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).

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, the tests shall be performed at the rated filling pressure (or density) of the insulating gas (refer to 4.11).

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 62271-1 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 7.3 of IEC 62271-1 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 is applicable.

7.5 Design and visual checks

Subclause 7.5 of IEC 62271-1 is applicable.

7.101 Partial discharge measurement

This test is subject to agreement between manufacturer and user.

The measurement of partial discharges may be appropriate as a routine test to detect possible material and manufacturing defects especially if organic insulating materials are used therein and is recommended for fluid-filled compartments.

If such a test is agreed, the procedure shall be as described in Annex BB.

7.102 Mechanical operation tests

Operation tests shall be made to ensure that the switching devices and removable parts function correctly 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 control devices, including interlocks, 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, metal-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 metal-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 earth and to the enclosure of metal-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.

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

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 is applicable with following additions:

8.101 General

Metal-enclosed switchgear and controlgear may be constructed in various forms that have evolved with changing technologies and functional requirements. The selection of metal-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, metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear is to be located in the system. Reference is made to IEC 60909-0 in this regard; refer to [5] of Bibliography

8.103 Selection of design and construction

8.103.1 General

Metal-enclosed switchgear and controlgear is normally identified by insulating technology (for example, 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 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 for isolation 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 Temporary inserted partitions, if required to prevent accidental 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 compartments, three being accessible to the user and one non-accessible.

Accessible high-voltage compartments: three methods of controlling the opening of accessible high-voltage compartments 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 “interlock-controlled accessible compartments”. Excluded in this respect are insulation embedded high-voltage parts intended to remain live when accessing the high-voltage compartment; they should have a protection grade in accordance with IEC 62271-201.

NOTE 3 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 completely welded GIS tank.

8.103.3 Service continuity of the switchgear

The metal-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.

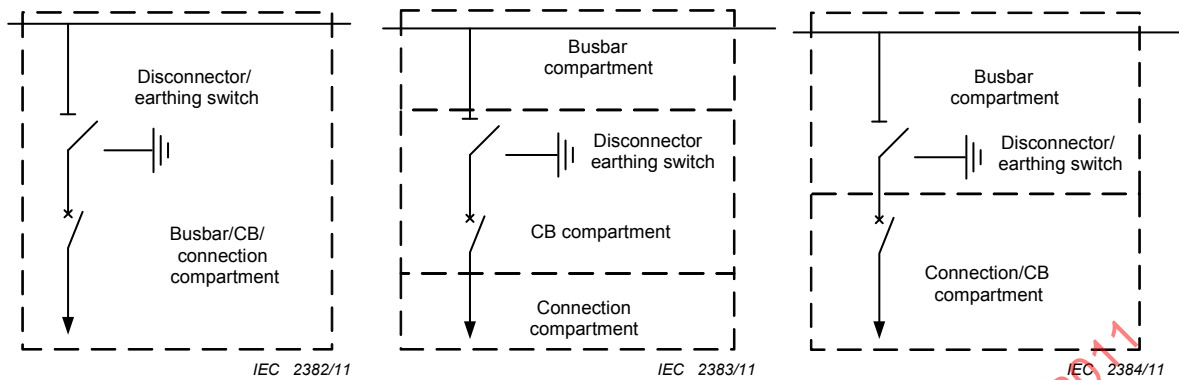


Figure 101 – LSC1

Figure 102 – LSC2

Figure 103 – LSC2

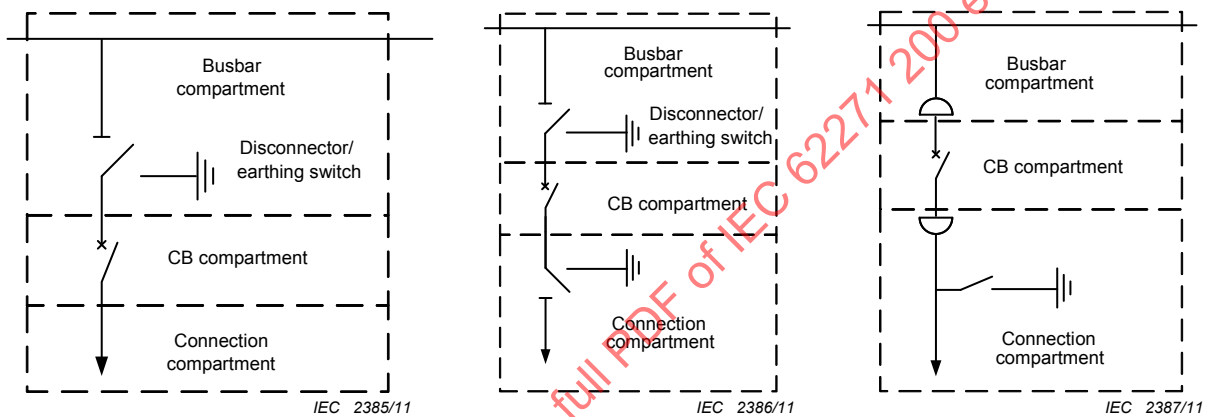


Figure 104 – LSC2A

Figure 105 – LSC2B

Figure 106 – LSC2B

8.103.4 Partition classes

There are 2 types of defined partitioning class, Class PM (3.109.1) and Class PI (3.109.2).

Selection of partition class does not necessarily ensure personnel protection in the case of an internal arc in an adjacent compartment; refer to 6.106.1 and also to 8.104.

Class PM: opened high-voltage compartments are surrounded by metallic partitions and/or shutters that are intended to be earthed. A shutter may or may not be in the opened compartment itself, provided that segregation (definition 3.111) is achieved between components in the opened compartment and components in the adjacent compartments; refer to 5.103.3.1

The purpose is that no electric field is present in the opened compartment and no electrical field change may occur in the surrounding compartments.

NOTE This class allows for opened compartments with no electrical field due to live parts and no possible influence on electrical field distribution around live parts, except for the effect of the shutter changing position.

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 metal-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 a metal-enclosed switchgear and controlgear, the possibility of the occurrence of internal arc faults should be properly addressed, with the aim of providing 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 arc, 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 arc 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;
- 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 cables 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 Supplemental heating to prevent condensation.
	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 low-voltage side for VTs	Avoid short circuit by proper means for example, 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. 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 gas-filled 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 3.126 to 3.128.

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, metal-enclosed switchgear and controlgear IAC classified is not necessary;
- where the risk is considered to be relevant, only metal-enclosed switchgear and controlgear, 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 metal-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.

For accessibility Type C, the minimum installation height is based on the minimum approach distance declared by the manufacturer.

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 metal-enclosed switchgear and controlgear, intended to be qualified as IAC classified.

NOTE 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 6.106.2. 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 6.106, the metal-enclosed switchgear and controlgear will be designated as follows.

- General: classification IAC (initials for Internal Arc Classified).
- Accessibility: A, B or C (according to 4.101.2 and AA.2.2).

- 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
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.	
NOTE 2 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.	

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

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

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

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

Example 2: A metal-enclosed switchgear and controlgear tested for a fault current (r.m.s.) of 16 kA, for 1 s, intended to be installed in the following conditions:

front:	public accessibility
rear:	restricted to operators
lateral:	not accessible

is designated as follows:

IAC	BF-AR
Arc fault current	16 kA
Arc fault duration	1 s.

Designation: IAC BF-AR 16 kA, 1 s

Example 3: A metal-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 A FLR 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 metal enclosed switchgear are summarized in Table 104.

Table 104 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for metal-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, outdoor (or special service conditions)	2	
Name of compartment: Busbar Main Device Connection CT VT (etc.)	3.107 (refer to 5.103.1)	Busbar compartment = Main device compartment = Connection compartment = CT compartment = VT compartment = Connection/CT 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	3.107 3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	Main switching device/CT compartment = Other compartment (state)=
Partition class Class PM Class PI	3.109 3.109.1 3.109.2	
Withdrawable / non-withdrawable (main device type)	3.125	(Withdrawable/non-withdrawable) =
Loss of service continuity category (LSC) LSC2 LSC2A LSC2B LSC1	3.131.1 3.131.1.1 3.131.1.2 3.131.2	

Information	Clause/subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
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)
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_s 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 and B, specify the side(s) for which they are required) A restricted to authorized personnel only B unrestricted accessibility (includes public) C accessibility restricted by installation out of reach Classification test value in kA and duration in s	3.132 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 Weatherproofing test	5.13.1 (see 5.102.1 and 5.102.3) 5.13.2	a) b)

Information	Clause/subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Artificial pollution tests	6.2.8	Additional condensation and pollution requirements
Partial discharge tests	6.2.9	Agree with manufacturer the test values
Partial discharge measurement	7.101	Agree with manufacturer the test values
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 is not applicable.

9.1 Information with enquiries and orders

Subclause 9.1 of IEC 62271-1 is not applicable:

When enquiring about or ordering an installation of metal-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, 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) indoor or outdoor installation;
- 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 current (I_k);
 - i) rated duration of short circuit (if different from 1 s);
 - j) rated peak withstand current (if different from 2,5 I_k);
 - k) rated cable test voltages;
 - l) rated values of components;
 - m) degree of protection for the enclosure and partitions;
 - n) circuit diagrams;
 - o) description by name and type (accessibility) of the various compartments, if required;
 - p) loss of service continuity category (LSC1, LSC2, LSC2A or LSC2B);
 - q) class of partitions and shutters (PM or PI), if any;
 - r) classification IAC, if required, with corresponding accessibility type, 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 or 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 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 that should be procured by the user.

10 Transport, storage, installation, operation and maintenance

Clause 10 of IEC 62271-1 is applicable.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 10.1 of IEC 62271-1 is applicable.

10.2 Installation

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

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 6.106). 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 is applicable.

10.4 Maintenance

Subclause 10.4 of IEC 62271-1 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 manufacturers directions, the requirements IP-2X (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 damages and replaced in whole or in part if needed.

11 Safety

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

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 [8] of Bibliography).

11.102 Internal arc aspects

As far as the protection of persons is concerned, the correct performance of the metal-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.

For indoor installations, arcing due to an internal fault in the metal-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 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-200 ed 2.0:2011

Annex AA

(normative)

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

AA.1 Room simulation

AA.1.1 Room simulation for indoor switchgear and controlgear

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.8.

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 (± 30 mm) from the left or right 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 mm (± 30 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 6.106.5, 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 mm ($^{+100}_{0}$ mm) 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, in case of accessibility type A has been tested or 100 mm and more in case of accessibility type B has been tested.

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 need 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 mm (± 50 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 6.106.5, 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.1.2 Room simulation for outdoor switchgear and controlgear

Neither ceiling nor walls are required if accessibility is stated for all sides (F, L, R). Simulation of cable access ways shall be constructed, if necessary, as indicated above.

From the point of view of internal arc, a metal-enclosed switchgear and controlgear passing the test for indoor application is considered to be valid for outdoor application with the same accessibility requirements.

In cases where switchgear and controlgear for outdoor application are intended to be placed under a shelter (for example, for protection against rain) which lowest part is less than 1 500 mm above the switchgear and controlgear, a corresponding ceiling should be considered.

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 × 30 mm ($\begin{smallmatrix} 0 \\ -3 \end{smallmatrix}$ 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 ($\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm).

AA.2.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be placed at each classified side on a mounting rack, at distances depending on the type of accessibility.

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 100 mm longer than the unit under test in case of accessibility type B, or at least 300 mm in case of accessibility type A, 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 (e.g. 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 usually may adopt in front of the equipment, at the specified distance, according to type of accessibility.

a) Accessibility type 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 metal-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 metal-enclosed switchgear and controlgear. When the ceiling is placed at a height of 2 000 mm (± 50 mm) above the floor (refer to AA.1.1) 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 condition:

- where normal operation requires persons to stand or walk upon the equipment, horizontal indicators shall be placed above the upper accessible surface, as described in Figure AA.6, whatever the height of the switchgear and controlgear;
- black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for the indicators.

b) Accessibility type B (general public)

Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators.

Indicators shall be fitted vertically at all classified sides for the metal enclosed switchgear and controlgear up to 2 000 mm (± 50 mm) above the floor. If the actual height of the specimen is lower than 1 900 mm, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 mm (± 50 mm) higher than the test specimen.

The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % -50 % of the area (refer to Figures AA.3 and AA.5).

The distance from the indicators to the switchgear and controlgear shall be 100 mm (± 5 mm).

Indicators shall also be arranged horizontally at a height above the floor, as described in Figure AA.5, and covering the whole area between 100 mm (± 5 mm) and 800 mm (± 50 mm) from the metal-enclosed switchgear and controlgear. If the test specimen is lower than 1 900 mm, indicators shall be placed directly on the top covers as for classified sides, at a distance of 100 mm (± 5 mm) (refer to Figure AA.6). They shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figures AA.5 and AA.6).

c) Accessibility type C – Pole-mounted equipment (authorized personnel / general public)

Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators.

Indicators shall be arranged horizontally, at a distance to be declared by the manufacturer as the minimum approach distance (± 50 mm) below the test specimen. The indicators shall cover the whole area of a 3 m $\times$ 3 m square frame centred about the pole. They shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figure AA.7).

The indicators may be at a convenient height above the ground allowing for the control box and/or electrical/mechanical linkages if applicable.

NOTE 1 This test covers the verification of the protection of both authorized personnel and general public.

NOTE 2 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	
Accessibility type A	± 30 mm
Accessibility type B	± 5 mm
Accessibility type C	± 50 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.

NOTE Lower current level may influence the behaviour of the pressure relief devices and the burn through performance. For short-circuit current levels lower 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. If a voltage lower than the rated voltage is chosen, the following conditions shall be met.

- 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;
- 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 ±5 % tolerance of the rated arc fault current (I_A or I_{Ae}). If the applied voltage is equal to the rated voltage, 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^*t) equals the

value specified within a tolerance of ($+10\%$). 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 the rated voltage, 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 $+5\%$.

If the voltage is lower than the rated voltage, the peak value of the prospective current is irrelevant, but the peak value of the short-circuit current for the metal-enclosed switchgear and controlgear under test shall not drop below 90 % of the rated peak value.

NOTE For other, higher, d.c. time constants 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 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 rated voltage, 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

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;

NOTE In case of non-symmetrical designs of busbar compartment, the most onerous internal arc initiation should be considered, with respect to arc energy and burn through.

- for the main switching device compartment: supply from the busbar, with the device in closed position;
- for a compartment with several main circuit components inside: supply through one available set of incoming bushings, with all switching devices in closed position, except for earthing switches, if any, which shall be in 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 in 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

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 insulation-embedded parts;
- b) by perforation at insulated joints made on site when prefabricated insulating parts are not used;
- c) when a) and b) are not applicable, by perforation or partial removal of solid insulation from the conductors.

AA.5.2.3 Connection compartments

AA.5.2.3.1 Compartments with plug-in solid insulation connections

For outer-cone plug-in connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without insulation.

For inner cone connections, the initiation shall be made by perforating or partly removing their 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 other phase(s) is not critical.

AA.5.2.3.2 Compartments with site-made solid insulation connections

For connection compartments in which connections are made with site-made solid insulation connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without insulation.

AA.5.2.3.3 Compartments without plug in or site-made solid insulation connections

Cable connections without plug-in or site-made insulation connections shall be tested without cables. The ignition shall be made three-phase.

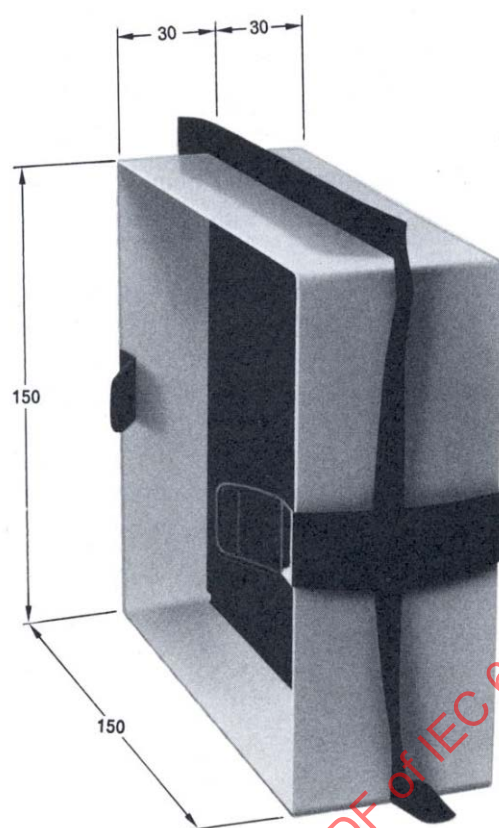
Cable lugs shall be fitted in their service configuration.

AA.5.2.4 Single phase compartments without any earthed metallic parts

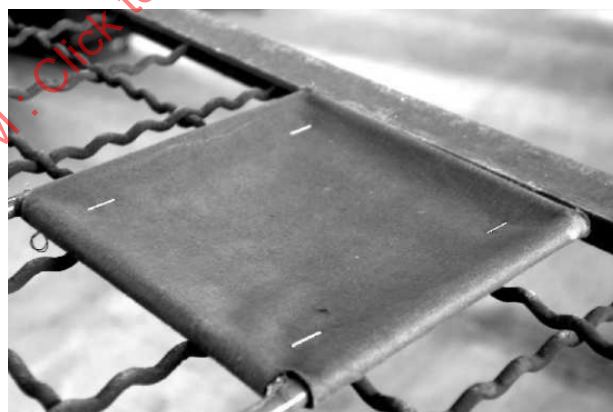
For single phase compartments without any earthed metallic parts, a path shall be created through the insulation to the closest earthed metallic part.

Table AA.1 – Parameters for internal 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	

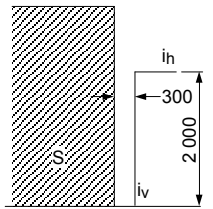
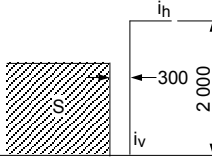
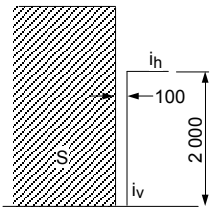
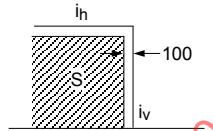


IEC 2471/03

*Dimensions in millimetres***Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators**

IEC 2472/03

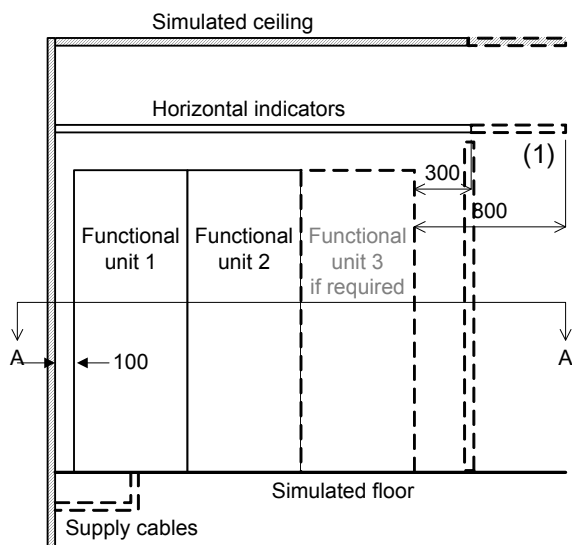
Figure AA.2 – Horizontal indicator

Accessibility – Type A		Accessibility – Type B	
$h \geq 1,9 \text{ m}$	$h < 1,9 \text{ m}$	$h \geq 1,9 \text{ m}$	$h < 1,9 \text{ m}$
			

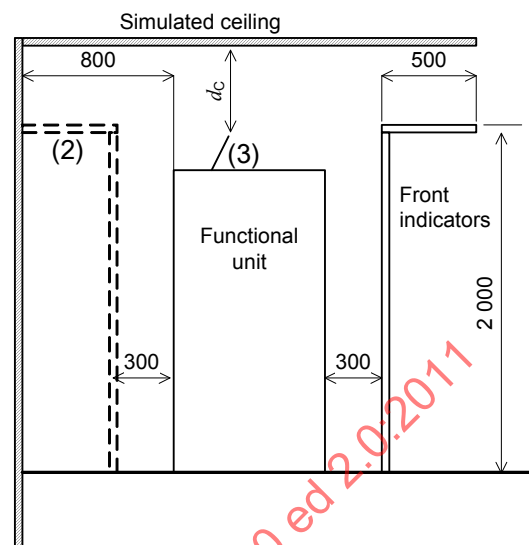
IEC 2388/11
Dimensions in millimetres

- Key**
- S switchgear and controlgear
 - h height of switchgear and controlgear
 - i_h horizontal indicators
 - i_v vertical indicators

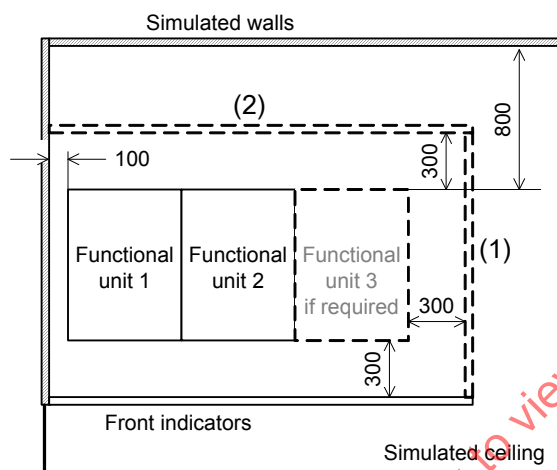
Figure AA.3 – Position of the indicators



Front elevation



End elevation

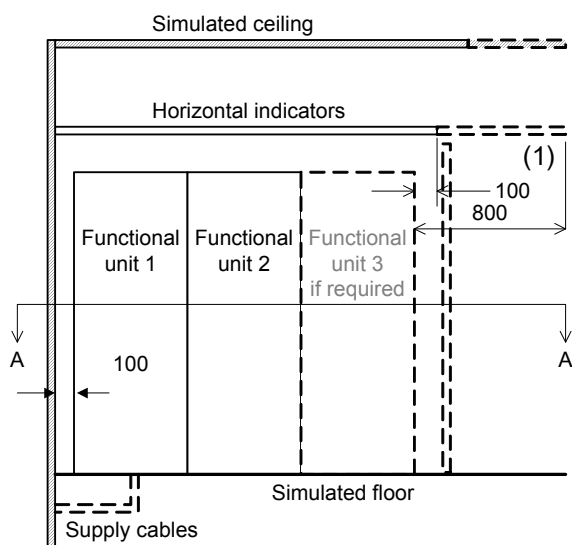


Section A-A

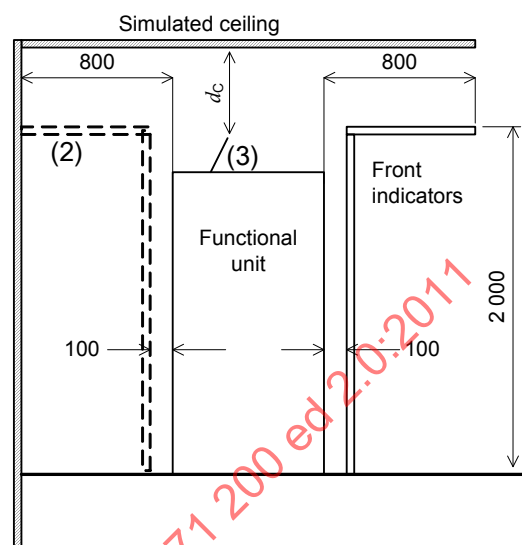
- (1) indicators for classified lateral side
- (2) indicators for classified rear side
- (3) open pressure relief flap
- d_c distance to ceiling

Dimensions in millimetres

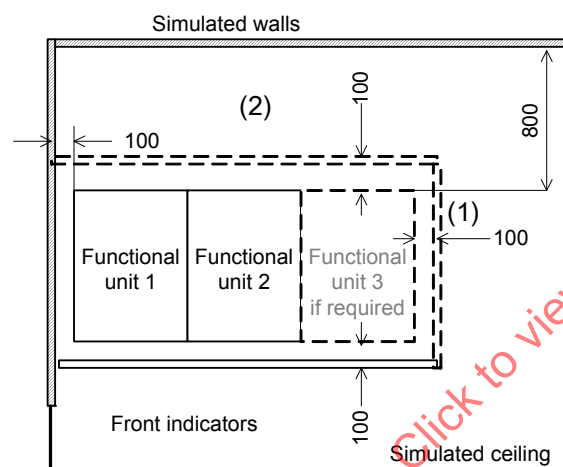
Figure AA.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, classified rear side, functional unit of any height



Front elevation



End elevation

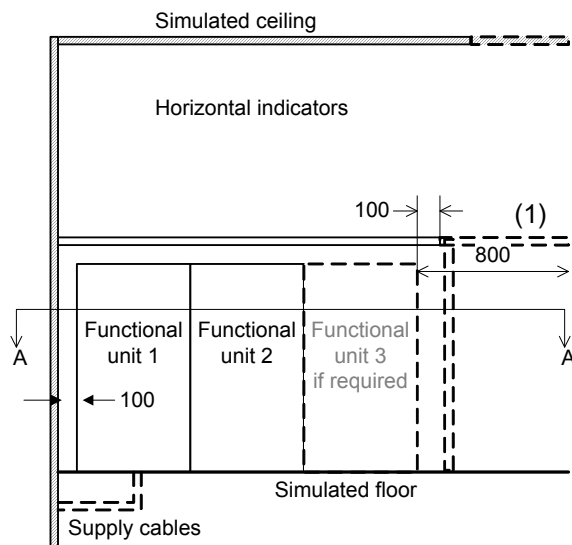


Section A-A

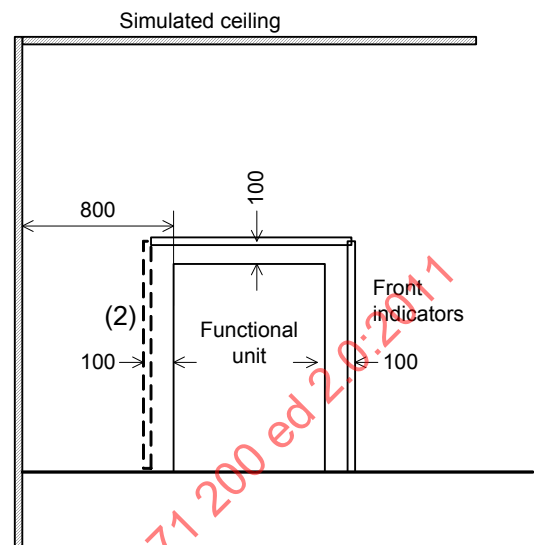
- (1) indicators for classified lateral side
- (2) indicators for classified rear side
- (3) open pressure relief flap
- d_c distance to ceiling

Dimensions in millimetres

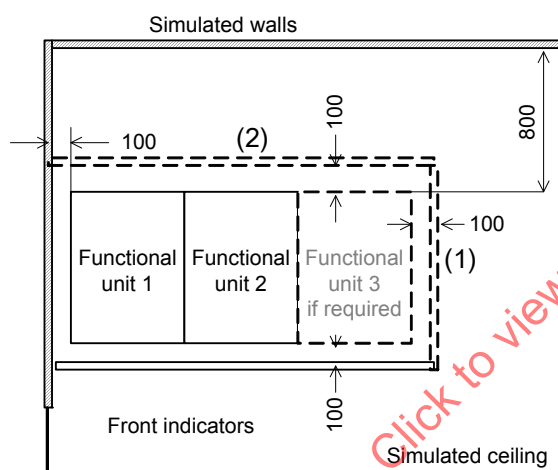
Figure AA.5 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, classified rear side, functional unit greater than or equal to 1 900 mm high



Front elevation



End elevation

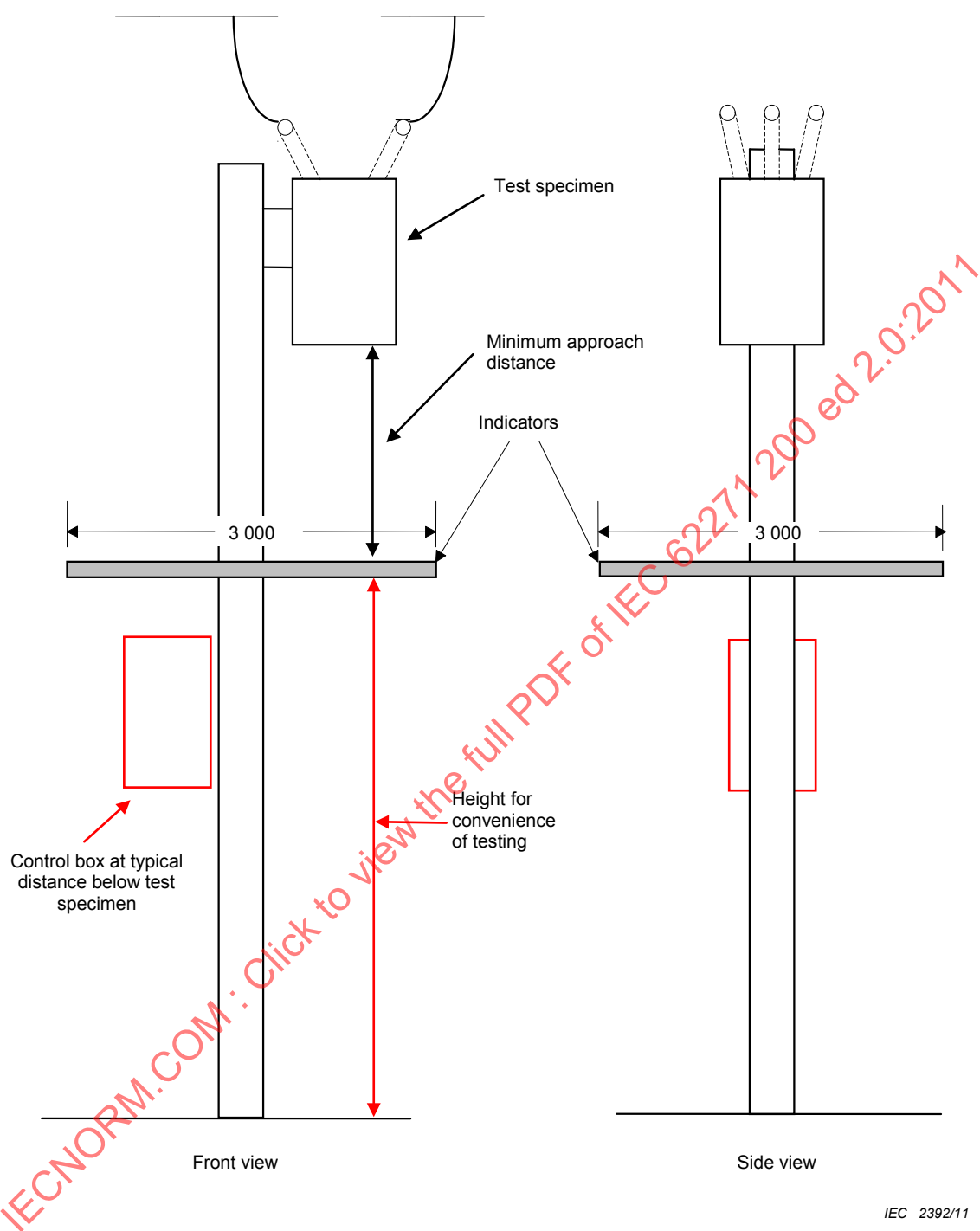


Section A-A

- (1) indicators for classified lateral side
 (2) indicators for classified rear side

Dimensions in millimetres

Figure AA.6 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, classified rear side, functional unit less than 1 900 mm high

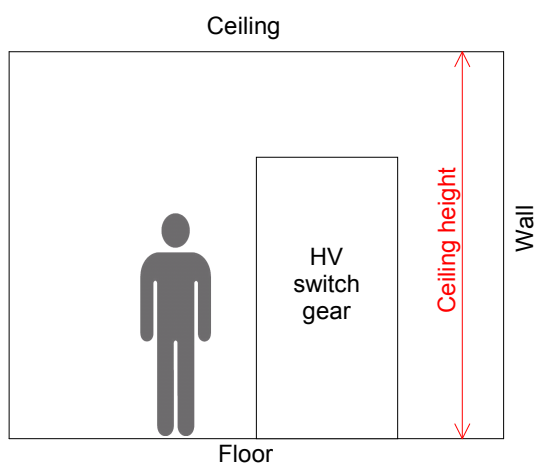


IEC 2392/11

Dimensions in millimetres

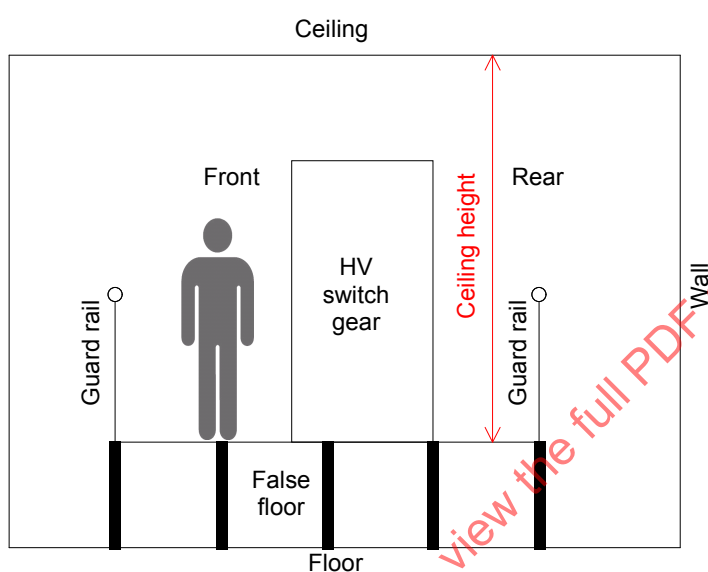
NOTE Refer to c) in AA2.2 for convenience of testing

Figure AA.7 – Test arrangement for overhead connected pole-mounted switchgear and controlgear



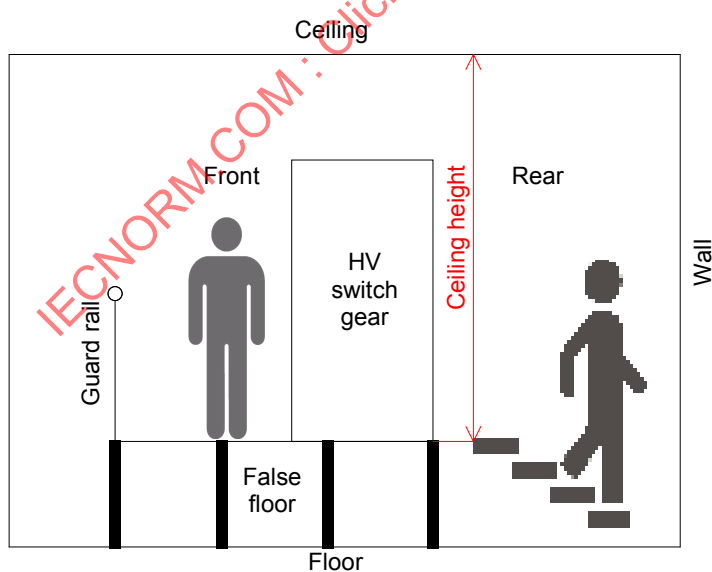
- a) Switchgear assembly placed on floor

IEC 2393/11



- b) Switchgear assembly placed on false floor

IEC 2394/11



- c) Switchgear assembly placed on false floor, floor levels different at front and rear side

IEC 2395/11

Figure AA.8 – 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, in particular arrangements, lead to a progressive degradation in the dielectric strength of the insulation, 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 metal-enclosed switchgear and controlgear.

BB.2 Application

The measurement of partial discharges may be appropriate for metal-enclosed switchgear and controlgear if organic insulating materials are used therein and is recommended for fluid-filled compartments.

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 insulation, 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.

For technical and economic reasons, it is recommended that the partial discharge tests be performed on the same assemblies or subassemblies as are used for the mandatory dielectric tests. Instrument transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

NOTE 3 This test may be carried out on assemblies or subassemblies. Care has to be taken that external partial discharges do not affect the measurement. To prevent these external partial discharges, shielding or grading electrodes may be applied.

Criteria to be considered in deciding on the necessity for a partial discharge test are, for instance:

- a) practical experience in service including the results of such testing over a period of production;
- b) the value of the electric field strength at the most highly stressed area of the solid insulation;
- c) the type of insulating material used in the equipment as part of the major insulation.

BB.3 Test circuits and measuring instruments

The partial discharge tests shall be in accordance with IEC 60270.

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 $1,1 U_r$ (U_r is the rated voltage). Each phase shall be connected to the test voltage source successively, the other two phases being earthed. It is necessary to insulate or to remove all the metallic parts normally earthed in service.

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

If performed as type test, the partial discharge tests shall be carried out after lightning impulse and power-frequency voltage tests according to 6.2.6.

If performed as routine test, the partial discharge tests shall be carried out after power-frequency voltage tests according to 7.1.

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.

NOTE Alternatively, the partial discharge test may be performed while decreasing the voltage after the power-frequency voltage tests.

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).

The frequency of the test-voltage will normally be the rated-frequency. Voltage transformers may be disconnected during dielectric site tests. In case they remain connected, the test frequency used for the site test shall be high enough to prevent core saturation

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.

BB.5 Maximum permissible partial discharge quantity

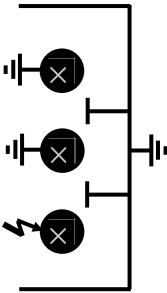
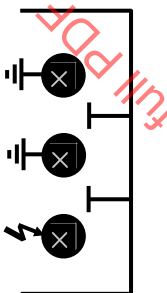
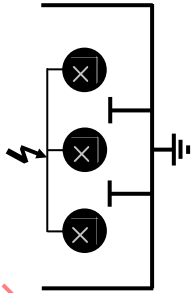
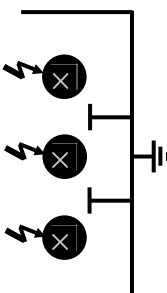
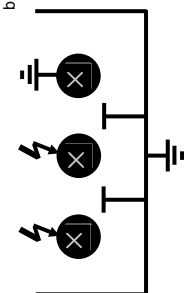
The recommended partial discharge quantity is apparent charge that is expressed usually in picocoulombs (pC).

The maximum permissible partial discharge quantity at $1,1 U_r$ and/or $1,1 U_r/\sqrt{3}$ shall be agreed between the manufacturer and the user.

NOTE 1 Limit values of the partial discharge quantity will not be specified until further substantiated information is available. Components of metal-enclosed switchgear and controlgear may use one or more different technologies (for example, solid, gas or fluid insulation) each of which has different requirements. It would therefore be very difficult and controversial to prescribe maximum acceptable levels for general application to the complete, or partial, assembly. For the time being, these values are left to the responsibility of the manufacturer or, in the case of acceptance tests, are subject to agreement between the manufacturer and the user.

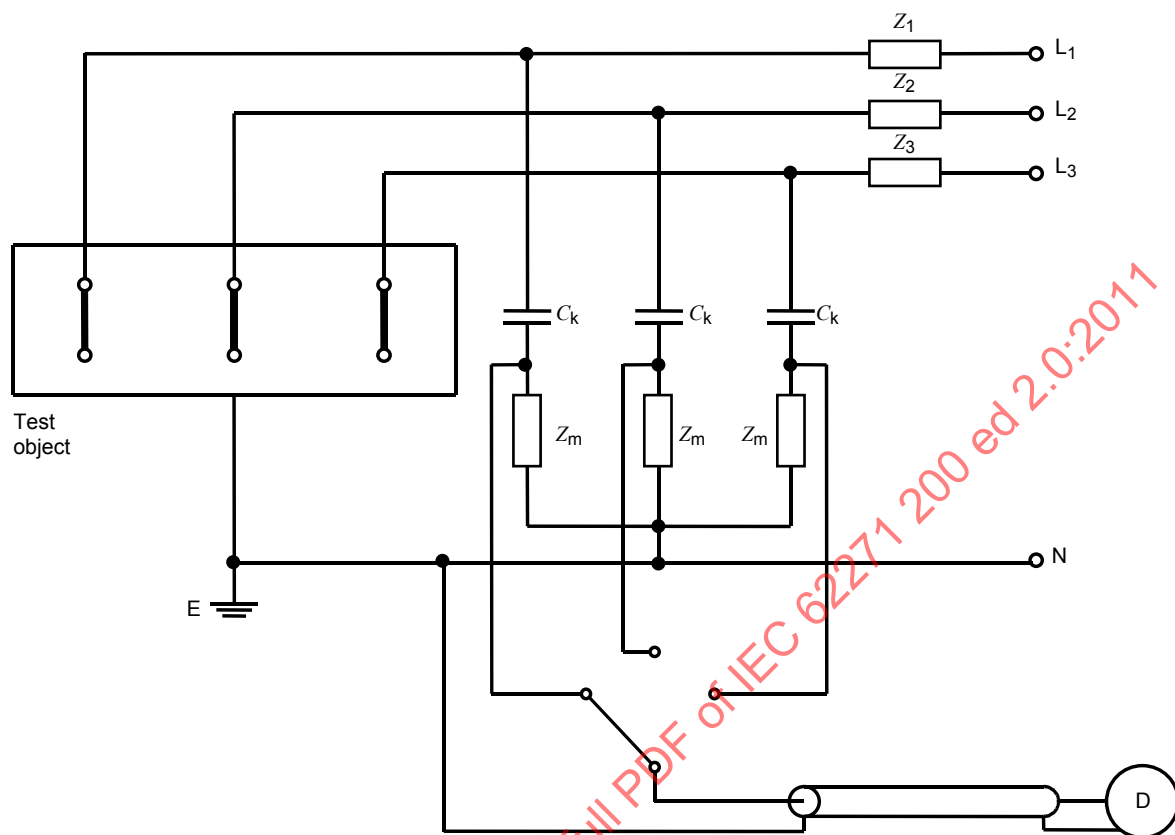
NOTE 2 For solid insulation, acceptable limits seem to be 20 pC at $1,1 U_r$ between phases (corresponding with $1,1 U_r/\sqrt{3}$ between phase and earth) and for systems with non solidly earthed neutral also 100 pC at $1,1 U_r$ between phase and earth.

Table BB.1 – Test circuits and procedures

	Single-phase testing			Three-phase testing	
	Procedure A	Procedure B		Three phases simultaneously	Three phases (Figures BB.1 and BB.2)
Voltage source connected to	Each phase successively	Each phase successively	Three phases simultaneously	Three phases simultaneously	Three phases (Figures BB.1 and BB.2)
Earth-connected elements	Both the other phases and all the parts earthed in service	Both the other phases	All the parts earthed in service	All the parts earthed in service	All the parts earthed in service
Minimum pre-stress voltage	1,3 U_r	1,3 U_r	1,3 $U_r/\sqrt{3}$	1,3 $U_r/\sqrt{3}$	1,3 U_r^a
Test voltage	1,1 U_r	1,1 U_r	1,1 $U_r/\sqrt{3}$	1,1 $U_r/\sqrt{3}$	1,1 U_r^a
Basic diagram					

^a Voltage between phases.

^b Additional test in the case of a system without solidly earthed neutral (for type tests only).

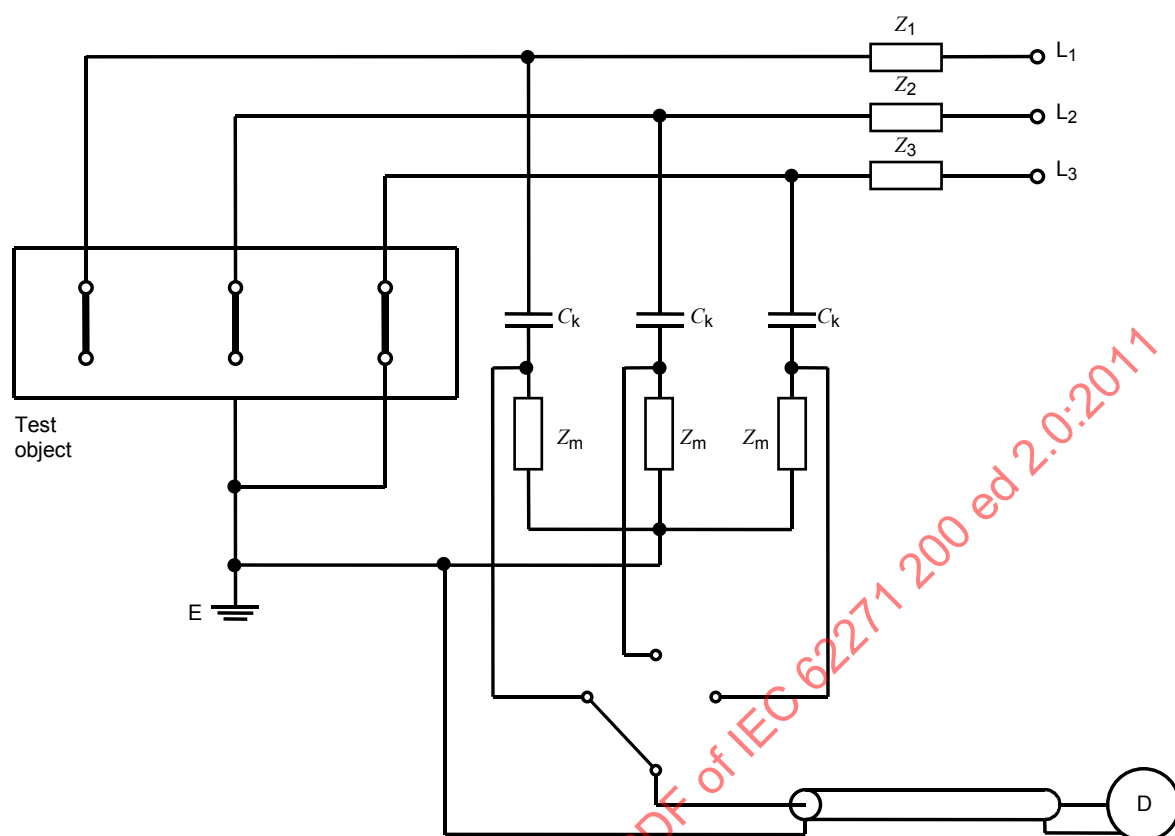


IEC 2396/11

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)



IEC 2397/11

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271 200 ed 2.0:2011

Bibliography

- [1] IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*
 - [2] IEC 60059:1999, *IEC standard current ratings*
 - [3] IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*
 - [4] 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)*
 - [5] IEC 60909-0:2001, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*
 - [6] IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*
 - [7] IEC/TR 62271-303:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 303: Use and handling of sulphur hexafluoride (SF_6)*
 - [8] 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*
 - [9] IEEE 400.2:2004, *IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)*
 - [10] IEEE C37.20.7:2001, *IEEE Guide for Testing Medium-Voltage Metal-Enclosed Switchgear for Internal Arcing Faults*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	92
1 Généralités	94
1.1 Domaine d'application.....	94
1.2 Références normatives	95
2 Conditions normales et spéciales de service	95
3 Termes et définitions	96
4 Caractéristiques assignées	102
4.1 Tension assignée (U_r)	103
4.2 Niveau d'isolement assigné	103
4.3 Fréquence assignée (f_r)	103
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	103
4.5 Courants de courte durée admissible assigné (I_k).....	104
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	104
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	104
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	104
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires.....	104
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	105
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre.....	105
4.101 Caractéristiques assignées de la classification d'arc interne (IAC)	105
4.102 Tensions d'essai assignées des câbles	106
5 Conception et construction.....	106
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage.....	107
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	107
5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage.....	107
5.4 Equipements auxiliaires et de commande.....	108
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	108
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	109
5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique).....	109
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	109
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression.....	109
5.10 Plaques signalétiques	109
5.11 Dispositifs de verrouillage	110
5.12 Indicateur de position.....	111
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes	111
5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	112
5.15 Étanchéité au gaz et au vide	112
5.16 Étanchéité au liquide.....	112
5.17 Risque de feu (Inflammabilité).....	112
5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	112
5.19 Emission de rayons X	112
5.20 Corrosion.....	112

5.101	Défaut d'arc interne	112
5.102	Enveloppe.....	113
5.103	Compartiments à haute tension.....	115
5.104	Parties amovibles	118
5.105	Dispositions pour les essais diélectriques des câbles	119
6	Essais de type	119
6.1	Généralités	119
6.2	Essais diélectriques	120
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique	124
6.4	Mesurage de la résistance des circuits	124
6.5	Essais d'échauffement	124
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible.....	125
6.7	Vérification de la protection.....	127
6.8	Essais d'étanchéité.....	127
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	128
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	128
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide.....	128
6.101	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	129
6.102	Essais de fonctionnement mécanique.....	130
6.103	Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz.....	131
6.104	Essais de vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux.....	132
6.105	Essai de protection contre les intempéries	133
6.106	Essai d'arc interne	133
7	Essais individuels de série	137
7.1	Essai diélectrique du circuit principal.....	137
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande	137
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	137
7.4	Essai d'étanchéité.....	138
7.5	Contrôles visuels et du modèle.....	138
7.101	Mesurage des décharges partielles	138
7.102	Essais de fonctionnement mécanique.....	138
7.103	Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz	138
7.104	Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	139
7.105	Essais après montage sur le site.....	139
7.106	Vérification de l'état du fluide après remplissage sur le site	139
8	Guide pour le choix de l'appareillage.....	139
8.101	Généralités	139
8.102	Choix des valeurs assignées.....	140
8.103	Choix du modèle et de sa construction	140
8.104	Défaut d'arc interne	145
8.105	Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels	149
8.106	Caractéristiques assignées des circuits de terre	151
8.107	Caractéristiques assignées relatives aux essais des câbles.....	152
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	152
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes.....	152

9.2 Renseignements pour les soumissions.....	153
10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance.....	153
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	154
10.2 Installation.....	154
10.3 Fonctionnement.....	154
10.4 Maintenance.....	154
11 Sécurité.....	154
11.101 Procédures.....	154
11.102 Aspects liés à l'arc interne	155
12 Influence du produit sur l'environnement	155
Annexe AA (normative) Défaut d'arc interne – Méthode de vérification de la classification arc interne (IAC).....	156
Annexe BB (normative) Mesure des décharges partielles.....	171
Annexe CC (informative) Déviations régionales	177
Bibliographie	178
Figure 101 – LSC1	144
Figure 102 – LSC2	144
Figure 103 – LSC2	144
Figure 104 – LSC2A.....	144
Figure 105 – LSC2B.....	144
Figure 106 – LSC2B.....	144
Figure AA.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux.....	164
Figure AA.2 – Indicateur horizontal.....	165
Figure AA.3 – Position des indicateurs.....	165
Figure AA.4 – Simulation du local et position des indicateurs pour classe d'accessibilité A, face arrière classifiée, unité fonctionnelle de toute hauteur.....	166
Figure AA.5 – Simulation du local et position des indicateurs pour classe d'accessibilité B, face arrière classifiée, unité fonctionnelle de 1 900 mm de haut ou plus	167
Figure AA.6 – Simulation du local et position des indicateurs pour classe d'accessibilité B, face arrière classifiée, unité fonctionnelle de moins de 1 900 mm de haut	168
Figure AA.7 – Montage d'essai pour un appareillage monté sur poteau connecté à une ligne aérienne.....	169
Figure AA.8 – Hauteur du plafond établie à partir du plancher ou du faux-plancher sur lequel est installé l'appareillage	170
Figure BB.1 – Circuit d'essai de décharges partielles (montage triphasé).....	175
Figure BB.2 – Circuit d'essai de décharges partielles (système sans mise à la terre du neutre).....	176
Tableau 101 – Information pour la plaque signalétique	109
Tableau 102 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut d'arc interne.....	146
Tableau 103 – Courant de défaut d'arc monophasé phase-terre en fonction de la mise à la terre du neutre du réseau	148
Tableau 104 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques assignées et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe métallique	149
Tableau AA.1 – Paramètres de l'essai de défaut interne en fonction de la construction du compartiment	163

Tableau BB.1 – Circuits et méthodes d'essai	174
---	-----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271 200 ed 2.0:2011

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-200 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003. Elle constitue une révision technique.

Cette deuxième édition de la CEI 62271-200 a été mise à jour de manière plus approfondie et améliorée sur la base de l'expérience acquise avec la première édition de la CEI 62271-200. En termes de maintenance, cette deuxième édition de la CEI 62271-200 introduit les modifications majeures suivantes:

- les définitions, classifications et méthodes d'essai sont spécifiées de manière plus précise;

- les catégories LSC2A et LSC2B ont été explicitées et LSC2 a été déterminée selon une définition séparée;
- des caractéristiques assignées spécifiques relatives au niveau de défaut à la terre (4.5 à 4.7) ont été introduites;
- les parties à haute tension à isolation solide ne sont plus considérées comme des compartiments proprement dits;
- une caractéristique assignée facultative "tension d'essai des câbles" avec ses exigences et essais de type associés a été introduite;
- s'agissant des essais de classification d'arc interne, lorsque celle-ci est assignée par le constructeur, des recommandations plus spécifiques sont fournies en matière de disposition d'essai, de simulation de local et d'amorçage d'arc;
- un amorçage en monophasé phase-terre est également reconnu pour les essais d'arc interne;
- les Annexes A et B ont été renumérotées Annexes AA et BB.

Le niveau de sévérité des essais d'arc interne est conservé sans modification.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/523/FDIS	17C/534/RVD

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

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

Il convient de lire cette norme internationale en conjonction avec la CEI 62271-1:2007, 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 la CEI 62271-1. Les amendements à ces articles et paragraphes reprennent la même numérotation, et les paragraphes supplémentaires sont numérotés à partir de 101.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, présentée sous le titre général *Appareillage à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

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

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 spécifie les exigences pour l'appareillage préfabriqué sous enveloppe métallique pour courant alternatif, prévu pour être installé à l'intérieur et à l'extérieur, 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. Les enveloppes peuvent contenir des composants fixes et amovibles et peuvent être remplies de fluide (liquide ou gaz) pour assurer l'isolation.

NOTE 1 Pour l'utilisation du présent document, la haute tension (CEI 60050-601:1985, 601-01-27) est la tension assignée supérieure à 1 000 V. Cependant, le terme moyenne tension (CEI 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 s'appliquer également aux systèmes monophasés et biphasés.

La présente norme définit plusieurs types d'appareillage sous enveloppe métallique qui diffèrent par:

- les conséquences sur la continuité de service du réseau en cas de maintenance sur l'appareillage;
- les besoins et la facilité de maintenance des équipements.

NOTE 3 La sécurité d'une installation est le résultat de la conception, de la mise en œuvre et de la coordination des produits, de leur installation et utilisation.

Pour l'appareillage sous enveloppe métallique comprenant des compartiments à remplissage de gaz, la pression de calcul est limitée à un maximum de 300 kPa (pression relative).

NOTE 4 Il convient de concevoir et de soumettre à essai les compartiments à remplissage de gaz dont la pression de calcul dépasse 300 kPa (pression relative), conformément à la CEI 62271-203. Se reporter à [6] de la Bibliographie.

L'appareillage sous enveloppe métallique destiné à une utilisation spéciale, par exemple pour atmosphères inflammables, dans les mines ou à bord des navires, peut faire l'objet d'exigences complémentaires.

Il faut que les matériels compris dans l'appareillage sous enveloppe métallique soient conçus et soumis à essai suivant leurs différentes normes respectives. La présente norme complète les normes des matériels spécifiques, concernant leur installation dans les ensembles d'appareillage.

La présente norme n'interdit pas que d'autres équipements puissent être incorporés dans la même enveloppe. Dans de tels cas, il faut tenir compte de l'influence de ces équipements sur l'appareillage.

NOTE 5 Les ensembles d'appareillage ayant une enveloppe isolante relèvent de la CEI 62271-201.

NOTE 6 L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation dans l'air ambiant de tension assignée supérieure à 52 kV peut être couvert par la présente norme en prenant en compte les niveaux d'isolement de la CEI 62271-1.

1.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-441:1984, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60470:1999, *Contacteurs pour courant alternatif haute tension et démarreurs de moteurs à contacteurs*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

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

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

CEI 62271-102:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

CEI 62271-103, *Appareillage à haute tension – Partie 103: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 62271-105, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif*

CEI 62271-201:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI/TS 62271-304, *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*

Guide ISO/CEI 51:1999, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Sauf spécification contraire dans cette norme, l'appareillage sous enveloppe métallique est prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service.

L'appareillage sous enveloppe métallique relevant du domaine d'application de la CEI/TS 62271-304 et destiné à être utilisé dans des conditions de service plus sévères que les

conditions normales de service spécifiées dans cette norme pour la condensation et la pollution peut être classé selon une « classe de construction » 1 ou 2 conformément à la CEI/TS 62271-304 afin de démontrer son aptitude à supporter de telles conditions sévères.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-151, la CEI 60050-441 et la CEI 62271-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

NOTE Les définitions additionnelles sont classées suivant la classification utilisée dans la CEI 60050-441.

3.101

appareillage

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec les 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 correspondantes

[CEI 60050-441:1984, 441-11-01]

3.102

appareillage sous enveloppe métallique

ensemble d'appareillage, avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, complètement assemblé à l'exception des connexions extérieures

[CEI 60050-441:1984, 441-12-04, modifiée]

3.103

unité fonctionnelle

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique comprenant tous les matériels des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction

[CEI 60050-441:1984, 441-13-04, modifiée]

NOTE Les unités fonctionnelles peuvent se différencier selon la fonction pour laquelle elles sont prévues, par exemple, unité d'arrivée, unité de départ, etc.

3.104

conception multi-niveaux

conception d'appareillage sous enveloppe métallique dans laquelle les appareils de connexion principaux de deux unités fonctionnelles ou plus, sont arrangés verticalement (l'un au-dessus de l'autre) dans une enveloppe unique

3.105

unité de transport

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique, préfabriquée et pouvant être transportée sans être démontée

3.106

enveloppe

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique procurant un degré de protection spécifié de l'équipement contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles et contre le contact avec des parties en mouvement

[CEI 60050-441:1984, 441-13-01, modifiée]

3.107**compartiment à haute tension**

compartiment d'un appareillage sous enveloppe métallique comportant des parties conductrices à haute tension, fermé à l'exception des ouvertures nécessaires à l'interconnexion, à la commande ou à la ventilation. Quatre types de compartiments à haute tension sont différenciés, trois qui peuvent être ouverts, appelés accessible (voir 3.107.1 à 3.107.3) et un qui ne peut pas être ouvert, appelé non accessible (voir 3.107.4)

NOTE 1 La définition générale de « compartiment » est donnée dans la CEI 60050-441:1984, 441-13-05, « partie fermée d'un ensemble à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions, à la commande ou à la ventilation ».

NOTE 2 Un compartiment peut comporter des barrières ou des structures destinées à réaliser différentes fonctions mécaniques ou diélectriques, mais qui n'assurent pas la fonction de cloison ou d'enveloppe.

NOTE 3 Les compartiments à haute tension sont identifiés par le ou les matériels principaux qu'ils contiennent ou par la fonction principale assurée (voir 5.103.1)

3.107.1**compartiment accessible contrôlé par verrouillage**

compartiment à haute tension qui est destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normale, tel que défini par le constructeur, dont le contrôle d'ouverture fait partie intégrante de la conception de l'appareillage

NOTE L'installation, les extensions, réparations etc. ne sont pas considérées comme de la maintenance normale.

3.107.2**compartiment accessible selon procédure**

compartiment à haute tension qui est destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normale, tel que défini par le constructeur, dont le contrôle d'ouverture est assuré par des procédures et verrouillages appropriés

NOTE L'installation, les extensions, réparations etc. ne sont pas considérées comme de la maintenance normale.

3.107.3**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/ou pour la maintenance normale

NOTE Des procédures spéciales sont exigées.

3.107.4**compartiment non accessible**

compartiment à haute tension qu'il ne faut pas ouvrir

NOTE L'ouverture peut détruire l'intégrité du compartiment.

3.107.5**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 (câbles ou jeux de barres) vers le réseau électrique ou l'appareil HT de l'installation

3.108**cloison**

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique séparant un compartiment à haute tension des autres compartiments et procurant un degré spécifié de protection

[CEI 60050-441:1984, 441-13-06, modifiée]

NOTE 1 Les volets amovibles destinés au blindage peuvent devenir partie intégrante de la cloison.

NOTE 2 Les cloisons peuvent être équipées de parties assurant l'interconnexion entre les compartiments (par exemple, des traversées).

3.109

classe des cloisons

classe définissant si des matériaux métalliques ou non métalliques sont utilisés pour des cloisons

3.109.1

appareillage de classe PM

appareillage sous enveloppe métallique dans lequel il y a des cloisons et/ou des volets (le cas échéant) continuellement métalliques, destinés à être mis à la terre, entre les compartiments accessibles ouverts et les parties actives à haute tension

3.109.2

appareillage de classe PI

appareillage sous enveloppe métallique dans lequel il y a une ou plusieurs cloisons ou volets non métalliques entre les compartiments accessibles ouverts et les parties actives à haute tension

3.110

volet

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique qui peut être déplacée d'une position permettant l'embrochage des contacts d'une partie amovible ou du contact mobile d'un sectionneur sur des contacts fixes, à une position dans laquelle elle constitue une partie de l'enveloppe ou d'une cloison protégeant les contacts fixes

[CEI 60050-441:1984, 441-13-07, modifiée]

3.111

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

[CEI 60050-441:1984, 441-11-11]

NOTE 1 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 Cette définition ne spécifie aucune protection mécanique (IP et IK).

3.112

traversée

dispositif servant à conduire un ou plusieurs conducteurs à travers une enveloppe ou une cloison en l'isolant de celle-ci; ce dispositif comporte les moyens de fixation sur l'enveloppe

3.113

matériel

partie essentielle du circuit à haute tension ou du circuit de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique, qui possède une fonction spécifique (par exemple disjoncteur, sectionneur, interrupteur, fusible, transformateur de mesure, traversée, jeu de barres)

3.114

circuit principal

toutes les parties conductrices à haute tension d'un appareillage sous enveloppe métallique comprises dans un circuit destiné à transporter le courant assigné en service continu

[CEI 60050-441:1984, 441-13-02, modifiée]

3.115**circuit de terre**

conducteurs, connexions et parties conductrices des dispositifs de mise à la terre destinés à raccorder les parties conductrices à haute tension à la prise de terre de l'installation

NOTE Les parties des enveloppes métalliques raccordées à l'installation de mise à la terre peuvent être considérées comme partie intégrante du circuit de terre, voir 5.3.

3.116**circuit auxiliaire**

toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique insérées dans un circuit (autre que les parties à haute tension) prévues pour la commande, la mesure, la signalisation et la régulation

[CEI 60050-441:1984, 441-13-03, modifiée]

NOTE Les circuits auxiliaires d'un appareillage sous enveloppe métallique comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

3.117**dispositif de décharge de pression**

dispositif servant à limiter la pression dans un compartiment

3.118**compartiment à remplissage de fluide**

compartiment à haute tension d'un appareillage sous enveloppe métallique rempli d'un fluide, soit un gaz autre que l'air ambiant, soit un liquide, à des fins d'isolation

3.118.1**compartiment à remplissage de gaz**

voir 3.6.6.1 de la CEI 62271-1

3.118.2**compartiment à remplissage de liquide**

compartiment à haute tension d'un appareillage sous enveloppe métallique dans lequel le liquide est à 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 Pour les systèmes à pression, voir 3.6.5 de la CEI 62271-1.

3.119**pression relative**

pression rapportée à la pression atmosphérique normalisée de 101,3 kPa

3.120**pression minimale 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 métallique sont conservées

3.121**niveau de calcul** (des compartiments à remplissage de fluide)

pression de gaz (pression relative) en Pa (ou densité), ou masse de liquide utilisée pour la conception d'un compartiment à remplissage de gaz ou d'un compartiment à remplissage de liquide

3.122

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

3.123

température de l'air ambiant (de l'appareillage sous enveloppe métallique)

température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique

3.124

partie amovible

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique connectée au circuit principal et qui peut être enlevée entièrement de l'appareillage sous enveloppe métallique et remise en place, même quand le circuit principal de l'unité fonctionnelle est sous tension

[CEI 60050-441:1984, 441-13-08, modifiée]

3.125

partie débrochable

partie amovible d'un appareillage sous enveloppe métallique 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 les contacts ouverts

[CEI 60050-441:1984, 441-13-09, modifiée]

3.126

position de service

position raccordée

position occupée par une partie amovible quand elle est entièrement connectée pour la fonction à laquelle elle est destinée

[CEI 60050-441:1984, 441-16-25]

3.127

position de mise à la terre

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

[CEI 60050-441:1984, 441-16-26, modifiée]

3.128

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

[CEI 60050-441:1984, 441-16-27]

3.129

position de sectionnement (d'une partie débrochable)

position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi dans les circuits de la partie débrochable, cette partie restant mécaniquement reliée à l'enveloppe

[CEI 60050-441:1984, 441-16-28, modifiée]

NOTE Dans l'appareillage sous enveloppe métallique à haute tension, les circuits auxiliaires peuvent ne pas être déconnectés.

3.130**position de retrait** (d'une partie amovible)

position d'une partie amovible quand elle est retirée et séparée mécaniquement et électriquement de l'enveloppe

[CEI 60050-441:1984, 441-16-29, modifiée]

3.131**catégorie de perte de continuité de service****LSC¹**

catégorie définissant les possibilités de maintenir sous tension d'autres compartiments à haute tension et/ou unités fonctionnelles quand un compartiment à haute tension accessible, tel que défini de 3.107.1 à 3.107.3, est ouvert

NOTE 1 La catégorie LSC décrit dans quelle mesure l'appareillage peut rester opérationnel dans le cas où l'accès à un compartiment à haute tension est nécessaire. Le niveau jugé nécessaire pour l'ouverture d'un compartiment à haute tension avec l'installation sous tension peut dépendre de plusieurs facteurs (voir 8.103).

NOTE 2 La catégorie LSC ne décrit pas de classement de l'appareillage selon la fiabilité (voir 8.103).

NOTE 3 Selon les compartiments accessibles et la continuité de service, quatre catégories sont possibles: LSC1, LSC2, LSC2A, LSC2B.

3.131.1**unité fonctionnelle de catégorie LSC2**

unité fonctionnelle disposant d'au moins un compartiment accessible pour la connexion à haute tension (désigné compartiment connexions), de sorte que, quand 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 Les unités fonctionnelles LSC2 disposant de compartiments accessibles autres que le compartiment connexions sont subdivisées en catégories LSC2A et LSC2B

3.131.1.1**unité fonctionnelle de catégorie LSC2A**

unité fonctionnelle de catégorie LSC2 telle que, quand 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

3.131.1.2**unité fonctionnelle de catégorie LSC2B**

unité fonctionnelle de catégorie LSC2A, dans laquelle les connexions à haute tension (par exemple, les connexions par câble) à l'unité fonctionnelle peuvent rester sous tension quand tout autre compartiment à haute tension accessible de l'unité fonctionnelle correspondante est ouvert

3.131.2**unité fonctionnelle de catégorie LSC1**

unité fonctionnelle disposant d'un ou de plusieurs compartiments à haute tension accessibles, telle que, quand un quelconque de ces compartiments à haute tension accessibles est ouvert, au moins une autre unité fonctionnelle ne peut rester sous tension

3.132**appareillage de classe arc interne****IAC²**

appareillage sous enveloppe métallique pour lequel les critères exigés de protection des personnes sont atteints en cas d'arc interne comme le prouvent les essais de type

¹ LSC = *Loss of Service Continuity*.

² IAC = *Internal Arc Classified*.

NOTE Les caractéristiques données de 3.132.1 à 3.132.4 définissent la classification d'arc interne.

3.132.1

classe d'accessibilité

caractéristique liée au niveau de protection assuré aux personnes ayant accès à une zone définie autour de l'enveloppe de l'appareillage

3.132.2

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

3.132.3

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

3.132.4

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

3.133

degré de protection

niveau de protection procuré par une enveloppe, cloison ou volet si applicable, pour protéger contre l'accès à des parties dangereuses, contre la pénétration de corps solides étrangers et/ou la pénétration d'eau et vérifié par des méthodes d'essai normalisées

NOTE Voir 3.3 de la CEI 60529:1989.

3.134

valeur assignée

le Paragraphe 3.7.3 de la CEI 62271-1 est applicable

NOTE Voir l'Article 4 pour les valeurs assignées particulières.

3.135

décharge disruptive

phénomène associé à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lequel la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

NOTE 1 Ce terme s'applique à la rupture des diélectriques solides, liquides et gazeux et à leurs combinaisons.

NOTE 2 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non auto-régénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation auto-régénératrice).

NOTE 3 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 gaz ou d'un liquide isolant. Le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

4 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées d'un appareillage sous enveloppe métallique sont les suivantes:

- a) tension assignée (U_r) et nombre de phases;
- b) niveau d'isolement assigné;

- c) fréquence assignée (f_r);
- d) courant assigné (I_r) en service continu (pour les circuits principaux);
- e) courant de courte durée admissible assigné (I_k, I_{ke}) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- f) valeur de crête du courant admissible assigné (I_k, I_{ke}) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- g) durée de court-circuit assignée (t_k, t_{ke}) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- h) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique, y compris leurs dispositifs de manœuvre et équipement auxiliaire;
- i) niveau de remplissage assigné (des compartiments à remplissage de fluide);
- j) caractéristiques assignées des classifications arc interne (IAC), si spécifiées par le constructeur.

4.1 Tension assignée (U_r)

Les paragraphes 4.1 et 4.1.1 de la CEI 62271-1 sont applicables.

NOTE Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément à leurs normes correspondantes.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 4.3 de la CEI 62271-1 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 la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique (par exemple jeu de barres, circuits d'alimentation, etc.) peuvent avoir des valeurs différentes de courant assigné en service continu.

4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

L'échauffement des matériels contenus dans l'appareillage sous enveloppe métallique qui font l'objet de spécifications particulières ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par les normes correspondantes à ces matériels.

Les valeurs maximales admissibles de température et d'échauffement à considérer pour les jeux de barres sont, suivant le cas, les valeurs maximales spécifiées pour les contacts, les raccords et les pièces métalliques en contact avec des isolants.

L'échauffement des enveloppes et des capots accessibles ne doit pas dépasser 30 K. Dans le cas d'enveloppes ou de capots accessibles mais non prévus pour être touchés pendant la manœuvre normale, la limite de l'échauffement peut être augmentée de 10 K, s'ils ne sont pas accessibles au public.

4.5 Courants de courte durée admissible assigné (I_k)

Pour les courants de courte durée admissible assigné I_k et I_{ke} , le paragraphe 4.5 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

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 excéder les valeurs assignées correspondantes les plus faibles des matériels montés en série dans le circuit. Cependant, dans chaque circuit ou chaque compartiment à haute tension, il est admis de 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 assigné phase-terre (I_{ke})

Un courant de courte durée admissible assigné phase-terre doit être défini pour le circuit de terre (I_{ke}). Cette valeur peut être différente de celle du circuit principal.

NOTE Les caractéristiques assignées de courant de court-circuit applicables au circuit de terre dépendent du régime 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 la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

4.6.101 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

NOTE En principe la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peut pas excéder les valeurs assignées correspondantes du matériel en série dans le circuit qui présente les plus faibles caractéristiques. Cependant, dans chaque circuit ou chaque compartiment à haute tension, il est admis de 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 Valeur de crête du courant admissible assigné phase-terre (I_{pe})

Une valeur de crête du courant admissible assigné phase-terre doit être définie pour le circuit de terre (I_{pe}). Cette valeur peut être différente de celle du circuit principal.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

4.7.101 Durée de court-circuit assignée (t_k)

NOTE En principe la durée de court-circuit assignée d'un circuit principal ne peut pas excéder les valeurs assignées correspondantes du matériel en série dans le circuit qui présente les plus faibles caractéristiques. Cependant, dans chaque circuit ou chaque compartiment à haute tension, il est admis de tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant.

4.7.102 Durée de court-circuit assignée phase-terre (t_{ke})

Une durée de court-circuit assignée phase-terre doit aussi être définie pour le circuit de terre (t_{ke}). Cette valeur peut être différente 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 la CEI 62271-1 est applicable.

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

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

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 4.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre

Le paragraphe 4.11 de la CEI 62271-1 est applicable.

4.101 Caractéristiques assignées de la classification d'arc interne (IAC)

4.101.1 Généralités

Lorsqu'une classification IAC est assignée par le constructeur, plusieurs caractéristiques assignées doivent être spécifiées. Ces caractéristiques assignées sont subdivisées en classe d'accessibilité, faces classifiées, courants de défaut d'arc et durées de défaut d'arc.

4.101.2 Classes d'accessibilité

Trois classes d'accessibilité à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique sur le site de l'installation sont définies:

Classe d'accessibilité A:	accessibilité limitée au personnel autorisé uniquement.
Classe d'accessibilité B:	accessibilité libre, y compris au public.
Classe d'accessibilité C:	accessibilité limitée par une installation hors d'atteinte et au-dessus d'une zone accessible au public.

Pour la classe C, la distance minimale d'approche doit être précisée par le constructeur (voir Figure AA.7). La hauteur d'installation minimale est la distance d'approche minimale déclarée plus 2 m.

NOTE 1 La classe d'accessibilité C est destinée à un appareillage monté sur poteau.

NOTE 2 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 au [10] de la Bibliographie.

4.101.3 Faces classifiées

Pour les classes d'accessibilité A et B, 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. Les faces classifiées ne concernent pas l'appareillage de classe d'accessibilité C.

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 la CEI 60059. Se reporter au [2] de la Bibliographie.

Il existe deux caractéristiques assignées des courants de défaut d'arc:

- a) courant de défaut d'arc triphasé (I_A);
- b) courant de défaut d'arc monophasé phase-terre (I_{Ae}), le cas échéant.

Lorsqu'une seule caractéristique assignée triphasée est spécifiée, la caractéristique assignée monophasée est par défaut égale à 87 % de la caractéristique assignée triphasée, et n'a pas besoin 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. Il convient d'attribuer cette valeur à l'appareillage dont la construction empêche l'arc d'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. Voir 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 assignée (voir AA.5.2).

NOTE 3 Des informations sur la relation qui existe entre le type de régime de mise à la terre du neutre et le courant de défaut d'arc monophasé phase-terre sont fournies en 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 permise 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 assignées 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 qu'il est possible d'appliquer 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 qu'il est possible d'appliquer 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 au [9] de la Bibliographie.

5 Conception et construction

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être conçu 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 de tension des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses.

Toutes les parties amovibles et tous les matériels de mêmes type, caractéristiques assignées et construction doivent être mécaniquement et électriquement interchangeables.

Des parties amovibles et des matériels de courant et d'isolation assignés supérieur ou égal peuvent être installés à la place de parties amovibles et de matériels de courant et d'isolation assignés inférieurs ou égaux si la conception des parties amovibles, des matériels et des compartiments permet l'interchangeabilité mécanique. Ceci ne s'applique généralement pas aux dispositifs limiteurs de courant.

NOTE L'installation de parties amovibles ou de matériels de caractéristique assignée supérieure n'augmente pas nécessairement les performances de l'unité fonctionnelle ou n'implique pas que l'unité fonctionnelle soit capable de fonctionner aux valeurs assignées augmentées des parties amovibles ou des matériels.

Les matériels divers contenus dans l'enveloppe sont soumis aux spécifications particulières les concernant.

Pour les circuits principaux avec des fusibles limiteurs de courant, le constructeur de l'appareillage peut assigner 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 la CEI 62271-1 est applicable.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

NOTE Pour la manipulation de SF₆, voir la CEI/TR 62271-303. ([7] de la Bibliographie)

5.3 Raccordement à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 5.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

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 par conception doivent pouvoir être mises à la terre avant qu'il ne soit possible d'y accéder. Cela ne s'applique pas aux parties amovibles qui deviennent accessibles après qu'elles ont été séparées de l'appareillage.

5.3.102 Mise à la terre de l'enveloppe

L'enveloppe de chaque unité fonctionnelle doit être raccordée à l'installation de mise à la terre. Il n'est pas nécessaire de raccorder à l'installation de mise à la terre les petites parties fixes de l'enveloppe, jusqu'à un diamètre maximum de 12,5 mm, par exemple les têtes de vis. Toutes les parties métalliques, prévues pour être mises à la terre et ne faisant pas partie d'un circuit à haute tension ou auxiliaire, doivent être aussi raccordées à l'installation de mise à la terre.

Les interconnexions à l'intérieur de l'unité fonctionnelle doivent être assurées par des technologies assurant la continuité électrique entre le cadre, les capots, les portes, les cloisons ou les autres charpentes (par exemple l'assemblage par boulonnage ou soudage). Les portes des compartiments à haute tension doivent être reliées au cadre par des moyens appropriés.

Les unités de transport doivent être raccordées entre elles lors de l'installation finale. L'interconnexion entre les unités de transport adjacentes doit pouvoir supporter le courant de courte durée et le courant crête assignés pour le circuit de terre.

NOTE 1 Le Paragraphe 5.102 traite de l'enveloppe et des portes.

NOTE 2 Les demandes CEM pour l'installation complète peuvent nécessiter de définir spécialement le circuit de terre de l'appareillage.

5.3.103 Mise à la terre des dispositifs de mise à la terre

Lorsqu'il faut que les connexions de terre conduisent la totalité du courant de court-circuit triphasé (comme dans le cas d'une connexion de court-circuit utilisée comme dispositif 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 de sectionnement, ainsi que dans toutes les positions intermédiaires. Les connexions de terre dans toutes les positions doivent avoir une capacité de conduire le courant au moins égale à celle exigée pour les enveloppes (voir 5.102.1).

Pendant l'insertion, les parties métalliques des parties amovibles 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 dispositifs 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 (voir 4.5, 4.6 et 4.7).

5.3.105 Circuit de terre

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.

NOTE 1 En général, l'exigence ci-dessus est remplie si un conducteur de terre de section appropriée est disposé sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe métallique. A titre de guide, dans les conditions de défaut à la terre spécifiées, il convient que la densité du courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne dépasse pas 200 A/mm² pour une durée de court-circuit assignée de 1 s, et 125 A/mm² pour une durée de court-circuit assignée de 3 s.

NOTE 2 Une méthode de calcul des sections de conducteurs est donnée dans la CEI 60724 – se reporter à [4] de la Bibliographie.

Le circuit de terre est généralement conçu pour supporter une fois un défaut de court-circuit, ce qui peut nécessiter après un tel événement de procéder à des opérations de maintenance. Voir également 8.106.

Si un conducteur de terre dédié est utilisé comme circuit de terre de l'appareillage, sa section doit être d'au moins 30 mm².

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de la CEI 62271-1 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 la CEI 62271-1 est applicable.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le paragraphe 5.9 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être muni de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements selon le Tableau 101.

Tableau 101 – Information pour la plaque signalétique

	Abréviation	Unité	**	Condition: Marquage exigé seulement si
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Constructeur			X	
Désignation du type			X	
Numéro de série			X	
Référence de la notice d'utilisation			X	
Année de construction			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} (courant alternatif)	kV	(X)	
Tension continue d'essai des câbles assignée	U_{ct} (courant continu)	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 I_k pour 50 Hz et 2,6 I_k pour 60 Hz
Durée assignée du courant de court-circuit	t_k	s	X	
Courant de courte durée admissible assigné pour les circuits de terre	I_{ke}	kA	X	Si différent de I_k (circuit principal)

	Abréviation	Unité	**	Condition: Marquage exigé seulement si
Valeur de crête du courant admissible assigné pour les circuits de terre	I_{pe}	kA	Y	Si 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 courant de court-circuit pour les circuits de terre	t_{ke}	s	Y	Si différent de t_k (circuit principal)
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 d'isolation et masse		kg	(X)	
Classification d'arc interne	IAC		(X)	
Classe d'accessibilité		A, B ou C	(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	Si 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 Si les termes de la colonne (1) sont utilisés, le mot «assigné» n'est pas nécessaire.				

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 matériels fixes utilisés n'ont pas besoin d'être lisibles en position normale de service.

Les parties amovibles, s'il y en a, doivent être munies d'une plaque signalétique séparée comportant les données relatives aux unités fonctionnelles auxquelles elles appartiennent, mais cette plaque peut n'être lisible que lorsque la partie amovible est dans la position de retrait.

5.11 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 5.11 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Des verrouillages entre les différents matériels de l'équipement sont prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter l'utilisation. Les verrouillages ne doivent pas être endommagés par des tentatives de fausses manœuvres de tout appareil de connexion associé, dans les conditions spécifiées en 6.102.2. Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux.

a) Appareillage sous enveloppe métallique 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 sont raccordés. Inversement, il doit être impossible de déconnecter les circuits auxiliaires, le disjoncteur étant fermé, en position de service.

b) Appareillage sous enveloppe métallique équipé de sectionneurs

Des verrouillages doivent être prévus pour empêcher la manœuvre des sectionneurs dans des conditions pour lesquelles ils ne sont pas prévus (voir CEI 62271-102). La manœuvre d'un sectionneur ne doit être possible que lorsque le disjoncteur, l'interrupteur ou le contacteur associé se trouve en position d'ouverture.

NOTE 1 On peut passer outre cette règle si, dans un système à deux jeux de barres omnibus, il est possible d'avoir un transfert sans coupure d'un jeu de barres sur 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 d'ouverture, de fermeture ou de mise à la terre (si elle existe).

La disposition de verrouillages complémentaires ou différents doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et 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 sur court-circuit assigné inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné du circuit principal soient verrouillés avec les sectionneurs associés.

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 des 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, le sectionneur de terre doit être interverrouillé avec l'appareil de connexion principal. Des dispositions doivent être prises pour protéger l'appareil de connexion principal contre une ouverture involontaire, par exemple par déconnexion des circuits à déclencheurs et blocage du déclenchement mécanique.

NOTE 2 Tout autre dispositif dans sa position de mise à la terre peut être utilisé en lieu et 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 complémentaires 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 la CEI 62271-1 est applicable. En complément, pour tous les dispositifs impliqués dans les fonctions de sectionnement et de mise à la terre, le paragraphe 5.104.3 de la CEI 62271-102 est applicable.

5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants.

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 la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Des exigences particulières sont spécifiées en 5.102 et 5.103.

5.13.2 Protection contre la pénétration d'eau (codification IP)

Le paragraphe 5.13.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Le matériel pour installation à l'extérieur doit procurer un degré minimal de protection IPX3 ou IPXXW.

5.13.3 Protection du matériel contre les impacts mécaniques dans les conditions normales de service (codification IK)

Le paragraphe 5.13.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Pour l'installation à l'intérieur, le niveau d'impact minimal est IK07 selon la CEI 62262 (2 J).

5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 5.14 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.15 Etanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Voir 5.103.2.3.

5.16 Etanchéité au liquide

Le paragraphe 5.16 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Voir 5.103.2.3.

5.17 Risque de feu (Inflammabilité)

Le paragraphe 5.17 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.19 Emission de rayons X

Le paragraphe 5.19 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.20 Corrosion

Le paragraphe 5.20 de la CEI 62271-1 est applicable.

5.101 Défaut d'arc interne

L'appareillage sous enveloppe métallique qui satisfait aux exigences de la présente norme, est conçu et construit, en principe, pour éviter les défauts d'arc interne. Cependant, lorsqu'une classification d'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 d'arc interne est assignée par le constructeur et vérifiée par des essais de type selon 6.106, la classification doit être désignée de la manière suivante:

- Classification: IAC (Internal Arc Classified)
- Classe d'accessibilité: A, B, C
- 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 (voir 5.10).

Des exemples de désignations de la classification IAC sont donnés en 8.104.6.

5.102 Enveloppe

5.102.1 Généralités

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 prévu pour la surface d'assise doivent être définies dans la notice d'installation.

L'enveloppe doit être métallique. Cependant, des parties de l'enveloppe peuvent être constituées de matériau non métallique, à condition que toutes les parties à haute tension soient entièrement entourées par des cloisons ou des volets métalliques raccordés au circuit de terre.

Les exceptions sont:

- les regards conformes à 5.102.4;
- la surface d'assise sous l'appareillage installé à condition qu'elle soit solide et n'autorise pas l'accès au-dessous de l'appareillage.

Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique est installé, l'enveloppe doit procurer au moins le degré de protection IP2X spécifié au Tableau 7 de la CEI 62271-1. 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.

Un degré de protection d'un niveau plus élevé peut être spécifié selon les exigences de la CEI 60529.

Les enveloppes doivent aussi assurer une protection conforme aux conditions suivantes:

Les parties métalliques des enveloppes doivent être conçues pour conduire un courant de 30 A (c.c.) avec une chute de tension maximale de 3 V au point de mise à la terre.

Les parties de l'enveloppe qui limitent des compartiments à haute tension non accessibles doivent être munies d'une indication claire de ne pas démonter.

Les surfaces horizontales de l'enveloppe, par exemple les panneaux du toit, ne sont pas conçues normalement pour supporter le poids d'une personne ou de matériel supplémentaire non fournis comme partie de l'équipement. 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

endroits où l'accès ou la marche n'est pas sécurisé, par exemple les clapets de détente, doivent être clairement signalés.

5.102.2 Capots et portes

Les capots et les portes qui font partie de l'enveloppe doivent être métalliques. Exception est faite pour certains capots et portes qui peuvent être isolants, pourvu que les parties à haute tension soient entourées de cloisons ou volets métalliques destinés à être mis à la terre.

Lorsque les capots et portes qui font partie de l'enveloppe sont fermés, ils doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Les capots et les portes ne doivent pas être réalisés sous forme de grillages, de métal déployé ou sous des formes similaires. Quand des orifices de ventilation et d'échappement ou des regards sont prévus dans les capots ou les portes, référence est faite à 5.102.4 ou à 5.102.5.

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 à haute tension accessibles auxquels ils donnent accès:

a) Capots ou portes donnant accès à des compartiments accessibles par outillage

Ces capots ou portes (capots fixes) ne doivent pas être ouverts pour les opérations normales d'exploitation et/ou de maintenance telles que définies par le constructeur. Ils ne doivent pas pouvoir être ouverts, démontés ou retirés sans l'aide d'outils.

NOTE 1 Il convient de ne les ouvrir que si les précautions pour assurer la sécurité électrique ont été prises.

NOTE 2 Il convient d'accorder une attention à l'exigence 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 les opérations normales d'exploitation et/ou de maintenance telles que définies par le constructeur. Ces capots ou portes ne doivent pas nécessiter d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement et doivent présenter les caractéristiques suivantes:

– compartiments accessibles contrôlés par verrouillage

Ces compartiments doivent être munis d'un dispositif d'interverrouillage tel que l'ouverture du compartiment ne doit être possible que si la partie à haute tension contenue dans le compartiment rendue accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position de sectionnement avec les volets fermés;

– compartiments accessibles selon procédure.

Ces compartiments doivent être équipés de moyen de condamnation, par exemple de cadenas.

NOTE 3 Il convient que l'utilisateur mette en place les procédures appropriées pour s'assurer que les compartiments accessibles selon procédure ne puissent être ouverts que si la partie à haute tension contenue dans le compartiment rendu accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position de sectionnement avec les volets fermés. Les procédures peuvent être imposées par les lois nationales d'installation ou par les documents 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 avec des outillages, il est possible d'appliquer des procédures appropriées ou d'apposer des étiquettes d'avertissement particulières.

5.102.3 Cloisons ou volets faisant partie de l'enveloppe

Si les volets ou les cloisons deviennent partie de l'enveloppe avec la partie amovible dans une des positions définies de 3.127 à 3.130, ils ou elles doivent être métalliques, mises ou mis à la terre et doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

A cet égard, il est admis de noter les éléments suivants:

- un volet ou une cloison devient partie de l'enveloppe si il ou elle est accessible dans l'une des positions définies de 3.127 à 3.130 et si aucune porte n'est prévue pouvant être fermée dans les positions définies de 3.126 à 3.130;
- s'il est prévu qu'une porte peut être fermée dans les positions définies de 3.126 à 3.130, la cloison ou le volet derrière cette porte n'est pas considéré(e) comme faisant partie de l'enveloppe.

5.102.4 Regards

Les regards doivent procurer au moins le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Ils doivent être fermés par des plaques transparentes ayant une résistance mécanique comparable à celle de l'enveloppe. Des dispositions doivent être prises pour empêcher la formation de charges électrostatiques dangereuses, soit par des distances d'isolement, soit par blindage électrostatique (par exemple une grille mise à la terre et appliquée sur la face intérieure du regard).

L'isolation entre les parties actives à haute tension et la surface accessible des regards doit tenir les tensions d'essai spécifiées en 4.2 de la CEI 62271-1 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles.

5.102.5 Orifices de ventilation et d'échappement

Les orifices de ventilation et d'échappement doivent être disposés ou protégés de façon à prévoir le même degré de protection que celui spécifié pour l'enveloppe. 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 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 matériel principal qu'il contient, par exemple compartiment disjoncteur, compartiment jeu de barres ou par la fonctionnalité principale, par exemple compartiment connexions.

Quand un compartiment contient des terminaisons de câble avec un autre matériel principal (par exemple disjoncteur, jeu de barres, etc.), il convient alors que sa désignation soit prioritairement celle de l'autre matériel principal.

NOTE Les compartiments peuvent être également identifiés d'après les multiples matériels contenus, par exemple compartiment connexions/TC, 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 compartiments jeu de barres peuvent s'étendre sur plusieurs unités fonctionnelles sans que des traversées ou autres dispositifs équivalents ne soient nécessaires. Toutefois, dans le cas de LSC2 (voir 8.103.3), chaque jeu de barres, par exemple dans les systèmes à double jeux de barres, ou chaque section sectionnable ou manœuvrable de jeu de barres, doit être dans un compartiment séparé.

Les parties à haute tension à isolation solide destinées à rester sous tension en cas d'accès au compartiment à haute tension doivent satisfaire aux exigences du 5.102.2 de la CEI 62271-201:2006.

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 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 seront pas soumis à une corrosion interne, la prise en compte de ces facteurs est inutile pour la conception des compartiments;
- la pression de calcul est inférieure ou égale à 300 kPa (pression relative).

Pour l'installation à l'extérieur, le constructeur doit tenir compte de l'influence des conditions climatiques. (Voir Article 2 de la CEI 62271-1).

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 si applicable, le niveau de calcul défini par la présente norme.

La température de calcul d'un compartiment à remplissage de fluide est généralement la température maximale de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement du fluide dû au passage du courant assigné en service continu. Pour les installations extérieures, les autres influences possibles, telles que les radiations solaires, doivent être prises en compte. La pression de calcul du compartiment est la pression maximale régnant 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 du compartiment ou des cloisons, y compris en cas de mise au vide éventuelle durant le remplissage ou la maintenance;
- b) la pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments dans le cas de compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes.

5.103.2.3 Etanchéité

Le constructeur doit indiquer le système de pression utilisé et le taux de fuite admissible pour les compartiments à remplissage de fluide (voir 5.15 et 5.16 de la CEI 62271-1). Ceci doit tenir compte des limites relatives établies au Tableau 13 de la CEI 62271-1 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 d'un système à pression autonome ou d'un système 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 excède 100 kPa (pression relative), il convient de fournir une indication quand la pression à 20 °C est tombée en dessous du niveau minimal de fonctionnement (voir 3.120).

Une cloison séparant un compartiment rempli de gaz isolant d'un compartiment voisin rempli avec un liquide, ne doit présenter aucune fuite pouvant affecter les qualités diélectriques des deux milieux.

5.103.2.4 Décharge de pression des compartiments à remplissage de fluide

Si des dispositifs ou conceptions de décharge de pression sont fournis, ils doivent être placés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant qu'il effectue les tâches normales d'exploitation si des gaz ou des vapeurs s'échappent sous pression. Les dispositifs de décharge de pression ne doivent pas fonctionner à moins de 1,3 fois la pression de calcul. Le dispositif de décharge de pression peut être obtenu par exemple par une partie faible du compartiment ou par un dispositif dédié, par exemple un disque d'éclatement.

5.103.3 Cloisons et volets

5.103.3.1 Généralités

Les cloisons et volets doivent procurer au moins un degré de protection IP2X selon la CEI 62271-1, Tableau 7.

Les conducteurs qui traversent les cloisons doivent être munis de traversées ou de tout autre moyen équivalent pour procurer le niveau IP requis.

L'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique et les cloisons des compartiments contenant des ouvertures pour permettre l'embrochage des contacts de la partie amovible ou de la partie débrochable sur les 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 3.126 à 3.130. 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 de la partie débrochable.

L'état des volets peut ne pas être immédiatement confirmé depuis un compartiment à haute tension ouvert dans toutes les situations (par exemple compartiment connexions ouvert mais avec les volets montés dans le compartiment disjoncteur). Dans cette situation, la vérification de l'état des volets peut imposer l'accès à un second compartiment ou la présence de regard ou d'indicateur de position fiable.

S'il est exigé, lors des travaux de maintenance ou d'essai, d'ouvrir des volets pour atteindre un ou plusieurs jeux de contacts fixes, les volets doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser, indépendamment, en position de fermeture. Si, lors des travaux de maintenance ou d'essai, 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. Ceci peut être obtenu par l'action même de remise en position de service de l'appareil de connexion.

Il est admis d'insérer de manière temporaire un écran pour empêcher que les contacts fixes sous tension ne soient exposés (voir 10.4).

Pour la classe PM, les cloisons et volets entre les compartiments ouverts et les parties actives à haute tension de l'ensemble, doivent être métalliques; sinon la classe est PI (voir 3.109).

5.103.3.2 Cloisons et volets métalliques

Les cloisons et volets métalliques ou leurs parties métalliques doivent être raccordé(e)s au point de terre de l'unité fonctionnelle et conçu(e)s pour conduire 30 A (c.c.) avec une chute de tension au point de terre inférieure à 3 V.

Les discontinuités dans les cloisons métalliques et les volets métalliques quand ils sont fermés ne doivent pas être supérieures à 12,5 mm.

NOTE Le terme « discontinuité » concerne toute zone d'isolation ou non mise à la terre ou tout trajet, traversant la cloison.

5.103.3.3 Cloisons et volets non métalliques

Les cloisons et volets non métalliques, partiellement ou totalement en matériau isolant, doivent répondre aux exigences suivantes:

- l'isolation entre les parties actives à haute tension et la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant doit tenir les tensions d'essai spécifiées en 4.2 de la CEI 62271-1 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles;
- le matériau isolant doit tenir les tensions d'essai à fréquence industrielle spécifiées au point a). Il convient d'appliquer les méthodes d'essai appropriées données dans la CEI 60243-1; se reporter au [3] de la Bibliographie;
- l'isolation entre les parties actives à haute tension et le côté intérieur des cloisons et volets en matériau isolant en face de ces parties doit tenir au moins 150 % de la tension assignée de l'équipement, s'il est prévu un milieu isolant séparé intermédiaire;
- les courants de fuite qui peuvent atteindre la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant par un trajet continu sur des surfaces isolantes ou par un trajet interrompu seulement par d'étroits espaces de gaz ou de liquide, ne doivent pas être supérieurs à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (voir 6.104.2).

5.104 Parties amovibles

Les parties amovibles assurant la distance de sectionnement entre les conducteurs à haute tension doivent satisfaire à la CEI 62271-102, sauf en ce qui concerne les essais de fonctionnement mécanique (voir 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, alors les essais doivent également inclure les essais de fonctionnement mécanique conformément à la CEI 62271-102.

L'exigence selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position de manœuvre 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 au sectionnement complet sont indiquées clairement;
- la position de la partie débrochable est indiquée par un dispositif indicateur sûr.

NOTE Voir la CEI 62271-102, ainsi que 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 de forces pouvant se produire en service, en particulier de celles dues au court-circuit.

Pour les appareillages classifiés IAC, le déplacement de parties débrochables de ou vers leur position de service doit se faire sans diminution du niveau spécifié de protection en cas d'arc interne. Ceci est obtenu par exemple quand la manœuvre n'est possible que si les portes ou 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 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 tenir les tensions d'essai assignées des câbles, telles que spécifiées en 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

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique et relevant de spécifications particulières non couvertes par le domaine d'application de la CEI 62271-1 doivent y satisfaire et être soumis à essai conformément à ces spécifications, en tenant compte des paragraphes suivants.

Les essais de type doivent être effectués sur des unités fonctionnelles représentatives. Il n'est pas praticable de soumettre toutes les dispositions prévues d'appareillage sous enveloppe métallique à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles de matériels. Les caractéristiques de fonctionnement d'une disposition donnée peuvent être déduites des résultats d'essai obtenus avec des dispositions comparables.

NOTE 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.

Les essais de type et vérifications comprennent:

Les essais de type obligatoires:

- a) essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement (voir 6.2);
- b) essais de vérification de l'échauffement de n'importe quelle partie de l'équipement et mesurage de la résistance des circuits (voir 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 (voir 6.6);
- d) essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement (voir 6.101);
- e) essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion et des parties amovibles contenues dans l'équipement (voir 6.102);
- f) essais de vérification du code de protection IP (voir 6.7.1);
- g) essais de vérification des circuits auxiliaires et de commande (voir 6.10).

Les essais de type obligatoires, si applicables:

- h) essais de vérification de la protection de l'équipement contre les impacts mécaniques (voir 6.7.2);
- i) essais de vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux (voir 6.104);
- j) essais de vérification de la résistance mécanique des compartiments à remplissage de gaz (voir 6.103);
- k) essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz ou de liquide (voir 6.8);
- l) essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut d'arc interne (pour l'appareillage classifié IAC) (voir 6.106);
- m) essais de compatibilité électromagnétique (CEM) (voir 6.9);
- n) procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide (voir 6.11);
- o) essais de vérification de la protection de l'équipement contre les effets externes dus aux intempéries (voir 6.105);
- p) essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles (voir 6.2.101).

Les essais de type optionnels (faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur):

- q) essais d'évaluation de l'isolation de l'équipement par le mesurage des décharges partielles (voir 6.2.9);
- r) essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur (voir 6.2.8).

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur en service de la partie soumise à essai. Par conséquent, les spécimens utilisés pour les essais de type ne doivent pas être mis en service sans un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec les modifications suivantes:

Les essais de type obligatoires (à l'exception des points l, m et n) doivent être effectués sur quatre spécimens d'essai au maximum.

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essai de type

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Pour le rapport relatif aux essais de défaut d'arc interne, voir 6.106.6.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

Ne s'applique pas, car les essais diélectriques sous pluie ne sont pas nécessaires pour l'appareillage sous enveloppe métallique.

6.2.3 Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Pour l'appareillage sous enveloppe métallique isolé avec un fluide (liquide ou gazeux), les essais diélectriques doivent être effectués avec le fluide isolant spécifié par le constructeur et à la valeur minimale fonctionnelle de remplissage également spécifiée par le constructeur.

6.2.4 Conditions de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de la CEI 62271-1 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 remplis avec un fluide soumis à essai avec des traversées d'essai ne faisant pas partie de l'appareillage, les chocs conduisant à un amorçage 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 la CEI 62271-1 est applicable à l'exception de 6.2.5.1 et avec les compléments suivants:

Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais auxquels le circuit principal doit être soumis. Doivent toutefois être compris les essais suivants:

a) A la terre et entre phases

Les tensions d'essai spécifiées en 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 ou au cadre et à la borne de terre de la source d'essai.

Si les conducteurs de phase sont à cloisonnement métallique, on ne doit effectuer que des essais à la terre.

Les essais diélectriques doivent être effectués avec tous les appareils de connexion fermés 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 d'ouverture ou que les parties amovibles sont dans une position de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre. Les essais doivent alors être répétés. Cependant les parties amovibles ne doivent pas être soumises à ces essais diélectriques 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 terminaisons de câbles, les déclencheurs directs ou indicateurs de surintensité doivent être installés dans les conditions normales de service. 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 plusieurs configurations possibles.

Pour vérifier la conformité aux exigences de 5.102.4 et du point a) de 5.103.3.3, un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible mais n'excédant pas 100 cm², mis à la terre doit être appliqué, pendant la manœuvre ou la maintenance, à l'endroit le plus défavorable sur le côté accessible du regard, de la cloison ou du volet du matériau isolant. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents. Pour la commodité de l'essai, sous réserve d'un accord entre le laboratoire d'essai et le constructeur, il est possible d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties du matériau isolant.

b) Sur la distance de sectionnement

Chaque distance de sectionnement du circuit principal doit être soumise à essai aux tensions d'essai spécifiées en 6.2.6 selon les procédures d'essai définies en 6.2.5.2 de la CEI 62271-1.

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 débroché ou retiré.

Si, dans la position de sectionnement ou d'essai, un volet métallique mis à la terre est interposé entre les contacts séparés en vue d'assurer un cloisonnement métallique, la distance entre le volet métallique mis à la terre et les parties actives doit tenir seulement les tensions d'essai demandées à la terre.

Si, dans la position de sectionnement, il n'y a pas de cloisonnement métallique entre la partie fixe et la partie débrochable quand une distance de sectionnement est établie, les tensions d'essai spécifiées sur la distance de sectionnement doivent être appliquées comme expliqué ci-après. 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.

c) Essais complémentaires

Pour vérifier la conformité à l'exigence du point c) de 5.103.3.3 le cas échéant, l'isolation entre les parties actives à haute tension et le côté interne des cloisons ou volets en matériau isolant doit être soumise à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée U_n pendant 1 min après avoir recouvert d'un feuillet métallique mis à la terre la surface interne de la cloison ou du volet située en face de ces parties actives comme décrit au point a) ci-dessus.

6.2.6 Essais de l'appareillage de $U_r \leq 245$ kV

Le paragraphe 6.2.6 de la CEI 62271-1 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 la CEI 62271-1. Pour les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases, les colonnes (2) et (4) doivent être utilisées. Pour les essais sur la distance 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 la CEI 62271-1 est remplacé par les dispositions suivantes:

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle selon la CEI 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 configuration du champ des connexions à 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 terre et à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique, sauf que, pour l'essai 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 terre et à l'enveloppe pour empêcher que la tension entre une des parties actives et l'enveloppe n'excède la tension d'essai spécifiée au point a) de 6.2.5.

Si cela est impraticable, une borne du transformateur d'essai peut, avec l'accord du constructeur, être reliée à la terre et l'enveloppe doit être, si nécessaire, isolée de la terre.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

Le paragraphe 6.2.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable, avec les compléments suivants:

Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la configuration du champ des connexions à haute tension.

Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés. Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être court-circuités et mis à la terre. Les enroulements primaires des transformateurs de courant peuvent aussi être court-circuités.

Pendant les essais de tension de choc de foudre, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique, sauf que, pour les essais selon le point b) de 6.2.5, l'enveloppe peut être isolée de la terre de telle façon que la tension entre une des parties actives et l'enveloppe n'excède 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 la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.2.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 62271-1 est applicable, avec les compléments suivants:

Cet essai est soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Si cet essai est réalisé, il doit être effectué selon l'Annexe BB.

6.2.10 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 62271-1 est applicable.

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant peuvent être mis en court-circuit et déconnectés de la terre. Les enroulements secondaires du transformateur de tension peuvent être déconnectés.

S'il existe des dispositifs de limitation de tension dans le circuit BT, 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 conformément à leurs normes applicables sont exclues.

6.2.11 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 62271-1 est applicable.

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 $U_{ct(c.a.)}$ ou $U_{ct(c.c.)}$ 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 $U_{ct(c.a.)}$, la durée de l'essai doit être de 1 min. Pour les tensions continues d'essai des câbles $U_{ct(c.c.)}$, 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.

Si, au cours de cet essai, un cloisonnement métallique est établi entre les connexions d'essai des câbles et les jeux de barres, la tension d'essai du côté jeu de barres peut être omise.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Le paragraphe 6.3 de la CEI 62271-1 n'est pas applicable.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

6.4.1 Circuit principal

Le paragraphe 6.4.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

La résistance mesurée sur la totalité du circuit principal d'un ensemble d'appareillage sous enveloppe métallique indique le bon état du trajet du courant. Cette résistance mesurée doit être prise comme référence pour les essais individuels de série (voir 7.3).

6.4.2 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 6.4.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Quand il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, l'essai doit être effectué avec les matériels ou dispositions donnant les conditions les plus sévères. L'unité fonctionnelle représentative doit être montée approximativement

comme dans les conditions normales de service, 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 prévues pour les conditions assignées. Il est admis de simuler 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 matériels fonctionnels principaux sont installés à l'intérieur de l'enveloppe, ils doivent être parcourus par les courants produisant les pertes prévues pour les conditions assignées. Pour générer les mêmes dissipations thermiques, des procédures équivalentes sont acceptables.

Les échauffements des différents matériels doivent être considérés par rapport à la température de l'air ambiant extérieur à l'enveloppe et ne doivent pas excéder 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 comme référence.

6.5.1 Etat de l'appareillage à soumettre aux essais

Le paragraphe 6.5.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 6.5.2 de la CEI 62271-1 est applicable avec la modification suivante:

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 la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.4 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 6.5.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.5 Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.5.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5.6 de la CEI 62271-1 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 la CEI 62271-1 est applicable, avec le complément suivant:

a) Essais des circuits principaux

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique 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 assigné, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues, c'est-à-dire qu'ils doivent être soumis à essai selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels associés qui peuvent influencer les caractéristiques de fonctionnement 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 de tenue 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 de service, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

Les équipements ne comprenant pas de dispositif de limitation de courant peuvent être soumis à essai à toute tension convenable. Les équipements incorporant un dispositif de limitation de courant doivent être soumis à essai à la tension assignée de l'appareillage. Une autre tension d'essai peut être utilisée s'il peut être démontré que le courant crête appliqué et les effets thermiques en résultant sont supérieurs ou égaux à ceux obtenus avec la tension assignée.

Pour les équipements comprenant des dispositifs de limitation de courant, le courant présumé (crête, en valeur efficace et en durée) ne doit pas être inférieur aux valeurs assignées.

Dans le cas de disjoncteurs à déclencheur autonome, ils 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 matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent présenter ni déformation ni détérioration nuisible au bon fonctionnement des circuits principaux.

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 métallique 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). Ils doivent être soumis à essai selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels associés qui peuvent influencer les caractéristiques de fonctionnement ou modifier le courant de court-circuit.

Les essais de tenue au courant 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 réalisés afin de vérifier la tenue de tous les circuits prévus pour assurer la liaison entre l'appareil de mise à la terre et la borne de mise à la terre prévue.

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 essai dans les conditions correspondant au défaut de terre. Le courant de défaut de terre doit circuler entre le conducteur de terre de la partie fixe et la borne de mise à la terre de la partie amovible. Quand 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'appareillage avec double jeu de barres, un essai doit être réalisé dans ces différentes positions.

Une certaine déformation et détérioration du conducteur de terre, des connexions de terre ou des appareils de mise à la terre est acceptable après l'essai, mais la continuité du circuit doit être maintenue.

Il convient qu'une inspection visuelle soit suffisante pour vérifier que la continuité du circuit a été conservée.

En cas de doute, pour être certain que les connexions de terre sont (toujours) effectives, la mise à la terre doit être vérifiée par un essai à courant continu 30 A jusqu'à la borne de mise à la terre prévue. 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 la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Les équipements soumis à essai doivent être disposés de façon à ce que les conditions les plus défavorables soient obtenues pour les longueurs maximales sans support du (ou des) jeu(x) de barres, des conducteurs et des connexions de l'équipement. Dans le cas d'appareillage comprenant le même appareil de connexion dans plusieurs compartiments à haute tension, soit disposés côte à côte soit de conception multi-niveaux, les essais doivent être effectués 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 de l'exigence ci-dessus.

Les appareils de connexion doivent être en position fermée et équipés avec des contacts propres et neufs.

Chaque essai doit être précédé par une manœuvre à vide de l'appareil de connexion mécanique et, à l'exception des sectionneurs de terre, par un mesurage de la résistance du circuit principal.

La disposition d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai.

6.6.2 Valeur du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.3 Comportement de l'appareillage au cours de l'essai

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.6.4 Etat de l'appareillage après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.7 Vérification de la protection

6.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 6.7.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément suivant:

Pour les ensembles sous enveloppe métallique, les conditions de service correspondent à avoir toutes les portes et tous les capots fermés, indépendamment du fait que leur verrouillage soit prévu ou non.

6.7.2 Vérification de la codification IK

Le paragraphe 6.7.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 62271-1 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 complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

6.10.1 Généralités

Le paragraphe 6.10.1 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.10.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 6.10.2 de la CEI 62271-1 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 matériels 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 la CEI 62271-1 est applicable.

6.10.4 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le paragraphe 6.10.4 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.10.5 Essais d'environnement

Le paragraphe 6.10.5 de la CEI 62271-1 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 la CEI 62271-1;
- lorsque les essais spécifiés en 6.10.5 de la CEI 62271-1 ont été réalisés sur des matériels 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 paragraphe 6.10.5 de la CEI 62271-1 est applicable sur une disposition typique des circuits auxiliaires et de commande.

6.10.6 Essai diélectrique

Le paragraphe 6.10.6 de la CEI 62271-1 est applicable.

6.11 Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le paragraphe 6.11 de la CEI 62271-1 est applicable.

NOTE Cet essai s'applique à l'interrupteur à vide et non à une unité fonctionnelle.

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 métallique doivent être soumis à essai, conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi, c'est-à-dire qu'ils doivent être soumis à essai selon leur disposition normale dans l'appareillage sous enveloppe métallique avec tous les matériels associés dont la disposition peut influencer les caractéristiques de fonctionnement, 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 métallique dans des conditions identiques ou plus contraignantes.

NOTE Lors de l'examen des matériels associés susceptibles d'influencer les caractéristiques de fonctionnement, il convient de porter une attention particulière aux forces mécaniques dues au court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, à la possibilité d'une décharge disruptive, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs peut être négligeable dans certains cas.

Comme il n'est pas possible de couvrir toutes les configurations et tous les modèles possibles 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 plus contraignantes;
- b) si des appareils de connexion déjà soumis à essais de type, avec ou sans enveloppe, sont utilisés et que a) n'est pas applicable, les séries d'essais indiquées en 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'appareils de connexion, chaque variante d'appareil de connexion doit être entièrement soumise à essai selon les exigences du point a) ou, lorsque cela est applicable, du point b) ci-dessus.

Dans le cas de plusieurs compartiments à haute tension, soit disposés côte à côte soit de conception multi-niveaux, 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.

CEI 62271-100: série d'essais T100s, T100a, et essais aux courants critiques (s'ils existent), en tenant également compte des exigences de 6.103.4 de cette norme, s'il est applicable, pour l'aménagement des connexions d'essai.

CEI 62271-103: 10 manœuvres CO avec le courant assigné de charge principalement active (Série d'essais 1). Série d'essais 5 selon la classe applicable E1, E2 ou E3, à moins que l'interrupteur n'ait pas de pouvoir de fermeture sur court-circuit assigné.

CEI 62271-105: Séries d'essais TD_{isc} et la valeur la plus élevée de TD_{transfer} et TD_{ito}.

CEI 60470: Vérification de la coordination avec les DPCC selon 6.106 de la CEI 60470:1999.

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 la CEI 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 la CEI 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 6.101.2 et 6.101.3 de la CEI 62271-102 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 être conforme à la CEI 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 métallique.

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.

NOTE 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 des parties amovibles, il convient de réduire le nombre de séquences à 25. Il convient de soumettre à essai séparément toute manœuvre non comprise dans cette séquence.

Dans le cas d'équipement manœuvré manuellement, la poignée de manœuvre manuelle normale doit être utilisée pour réaliser les essais.

6.102.2 Verrouillages mécaniques et électromécaniques

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 à n'importe quel endroit 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 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 selon 6.7.2 (vérification du code IK).

Lorsque 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 à n'importe quel endroit 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;
- c) on ne peut pas embrocher et 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, un endommagement 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 dispositifs de décharge 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 dispositif de décharge de pression ne doit pas fonctionner.
- Ensuite, la pression doit être augmentée jusqu'à une valeur maximale de trois fois la pression de calcul. Il est admis que le dispositif de décharge 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.

NOTE Cet essai a pour objet de vérifier la tenue aux surpressions dans les conditions de service. Par conséquent, il convient que les compartiments adjacents soient à la pression atmosphérique. Il convient de tenir 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 dispositif de décharge 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 trois fois la pression de calcul du compartiment pendant 1 min. Après l'essai, le compartiment peut être déformé mais ne doit pas se rompre.

NOTE Cet essai a pour objet de vérifier la tenue aux surpressions dans les conditions de service. Par conséquent, il convient que les compartiments adjacents soient à la pression atmosphérique. Il convient de tenir 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 effets électriques dangereux

6.104.1 Généralités

Ce paragraphe s'applique aux cloisons et volets non métalliques prévus pour la protection contre les effets des parties sous tension. Quand ces cloisons contiennent des traversées, des essais doivent être réalisés dans les conditions appropriées, c'est-à-dire avec la partie primaire des traversées déconnectée et mise à la terre.

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 selon le 6.104 de la CEI 62271-201:2006.

6.104.2 Essais diélectriques

- a) L'isolation entre les parties actives à haute tension et la surface accessible des cloisons et volets isolants doit satisfaire aux essais de tension avec les tensions d'essai définies en 4.2 de la CEI 62271-1 pour l'isolation à la terre et entre pôles. Se référer au point a) de 6.2.5 pour le montage d'essai.
- b) Un échantillon représentatif du matériau isolant doit pouvoir supporter la tension d'essai à fréquence industrielle définie au point a). Il convient d'utiliser les méthodes d'essai appropriées décrites dans la CEI 60243-1. Se reporter au [3] de la Bibliographie.
- c) L'isolation entre les parties actives à haute tension et la surface interne des cloisons et volets isolants qui leur font face doit être soumise à essai à 150 % de la tension assignée de l'équipement pendant une durée de 1 min. Pour cet essai, la surface interne de la cloison ou du volet doit être mise à la terre par une feuille conductrice d'au moins 100 cm² mise en place au point le plus contraignant. Le montage d'essai du point a) de 6.2.5 doit être respecté.

6.104.3 Mesurage des courants de fuite

Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique contient des cloisons ou des volets en matériau isolant, ou des 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 à l'exigence du point d) de 5.103.3.3.

Au choix du constructeur, le circuit principal doit être connecté soit à une source triphasée à fréquence industrielle dont la tension est égale à la tension assignée de l'appareillage sous

enveloppe métallique, une phase étant mise à la terre, soit à une source monophasée dont la tension est égale à la tension assignée, les parties actives du circuit principal étant connectées entre elles. Pour les essais en triphasé, trois mesurages doivent être réalisés 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 procurant la protection contre les contacts avec les parties actives. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents.

La surface de ce feuillet, approximativement circulaire ou carrée, doit être aussi grande que possible mais ne doit pas excéder 100 cm². L'enveloppe et le cadre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être mis à la terre. 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 sur la surface isolante est interrompu, comme indiqué au point d) de 5.103.3.3, 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, les espaces doivent tenir les tensions d'essai spécifiées en 4.2 de la CEI 62271-1 pour les essais de tension à la terre et entre pôles.

Le mesurage des courants de fuite n'est pas nécessaire si des parties métalliques mises à la terre sont disposées de façon à assurer que les courants de fuite ne peuvent pas atteindre les parties accessibles des cloisons et volets isolants.

6.105 Essai de protection contre les intempéries

Lorsque la lettre supplémentaire W est spécifiée selon 5.13, la méthode d'essai donnée dans l'Annexe C de la CEI 62271-1 doit être appliquée.

6.106 Essai d'arc interne

6.106.1 Généralités

L'essai est applicable à l'appareillage sous enveloppe métallique destiné à être classifié IAC en cas de défaut d'arc dans l'enveloppe ou dans les matériels 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 surpression 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:

- 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 matériels 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 métallique;
- le changement d'état des volets lors du déplacement des parties débrochables ou amovibles.

6.106.2 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 amovibles ou 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 matériels (par exemple des fusibles HT ou tout autre composant démontable) n'est pas considéré comme des opérations normales, 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 (voir 6.106.3).

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 du passage de courant sera contrôlée par les fusibles. Le compartiment soumis à essai sera désigné comme «protégé par fusibles». Les essais doivent être réalisés à la tension maximale assignée de l'équipement.

NOTE 1 L'utilisation de fusibles limiteurs de courant appropriés en combinaison avec un appareil 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, il faut que les effets produits par les dispositifs limiteurs de courant qui emploient des procédés pyrotechniques pour commuter le courant vers un fusible limiteur de courant soient 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 pour la durée assignée de court-circuit du circuit principal.

NOTE 2 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.

6.106.3 Disposition de l'appareil

L'appareil doit être disposé de la manière suivante:

- le spécimen d'essai doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des maquettes de matériels intérieurs à condition que leurs volumes et la matière de leurs parties externes soient identiques à ceux de l'original et qu'ils ne concernent pas le circuit principal ni le circuit de mise à la terre;
- chaque compartiment à haute tension d'une unité fonctionnelle doit être soumis à essai. Dans le cas d'appareillage constitué d'unités indépendantes extensibles (modulaires), le spécimen d'essai doit 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 accessible de l'ensemble dans une disposition comportant plus de deux unités;

NOTE 1 Une unité indépendante correspond à un ensemble qui peut contenir dans une seule enveloppe commune une ou plusieurs unités fonctionnelles juxtaposées horizontalement ou verticalement (conception multi-niveaux).

- dans le cas d'appareillage installé sur poteau, le spécimen d'essai doit être installé sur un poteau. S'il y a un coffret de contrôle et/ou des liens électriques/mécaniques avec le bas du poteau, alors ils doivent être installés à une distance sous le spécimen d'essai représentative d'une installation en service. La hauteur du spécimen d'essai doit être adaptée à la position des indicateurs, tel que spécifié en AA.2.2, et du coffret de contrôle et/ou des liens électriques/mécaniques (le cas échéant);
- le spécimen 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 des essais;
- dans le cas de compartiments à remplissage de fluide (autre que le SF₆), l'essai doit être réalisé avec le fluide d'origine à sa 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.

6.106.4 Procédure d'essai

La méthode de vérification de la classification d'arc interne est définie en AA.5.

6.106.5 Critères d'acceptation

L'appareillage sous enveloppe métallique est qualifié comme étant classifié IAC (selon les classes d'accessibilité applicables) si les critères suivants sont satisfaits:

Critère N°1

Les portes et les capots correctement verrouillés ne s'ouvrent pas. Les déformations sont acceptables, tant qu'aucune partie ne vient aussi loin que la position des indicateurs ou des murs (le plus proche des deux) sur toutes les faces. Il n'est pas demandé que l'appareillage satisfasse à son indice de protection IP après l'essai.

Pour étendre l'application du critère à une installation montée plus proche du mur que pendant l'essai, deux conditions additionnelles 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 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 sont pas enflammés sous l'effet des gaz ou des liquides chauds.

Si les indicateurs se sont enflammés pendant l'essai, le critère d'acceptation peut néanmoins être considéré comme 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, par vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire d'essai pour en établir la preuve.

L'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture est également exclue.

Critère N°5

L'enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre. Une inspection visuelle est normalement suffisante pour établir l'acceptation. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée (voir le point b) de 6.6).

6.106.6 Rapport d'essai

En complément aux spécifications de 6.1.3, les éléments suivants s'appliquent:

- description de l'unité soumise à 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 métallique. Pour les appareillages sous enveloppe métallique montés sur poteau, les caractéristiques du poteau et les moyens de fixation doivent être indiqués;
- la distance entre la partie supérieure de l'appareillage et le plafond du local / bâtiment. A cet effet, le constructeur doit préciser le point de l'appareillage à partir duquel cette distance est mesurée;

NOTE 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 dispositifs indicateurs sont placés lors de l'essai IAC, voir la Figure AA.8.

- point et méthode d'amorçage du défaut d'arc interne;
- dessin du montage d'essai (simulation du local, spécimen d'essai et supports des indicateurs) en cohérence avec la classe d'accessibilité (A, B ou C), les faces classifiées (F, L ou R) et les conditions d'installation;
- tension appliquée et fréquence;
- concernant le courant présumé ou 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 de l'essai;
 - d) durée d'essai.
- enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions;
- interprétation des résultats d'essai, comprenant la liste des observations selon 6.106.5;
- autres informations utiles.

6.106.7 Extension des résultats d'essai

La validité des résultats des essais réalisés sur une unité fonctionnelle d'un modèle particulier d'appareillage sous enveloppe métallique peut être étendue à une autre (voir 6.1) à condition que la première ait été soumise à essai dans les conditions les plus contraignantes et que la suivante puisse être considérée comme similaire à celle soumise à essai pour les aspects suivants:

- dimensions;
- structure et robustesse de l'enveloppe;
- architecture des cloisonnements;
- performance du dispositif de décharge de pression, s'il existe;
- système d'isolation;
- influences physiques (accroissement de pression, débit gazeux et effets thermiques).

7 Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être effectués sur toutes les unités de transport et, chaque fois que cela est praticable, dans les usines du constructeur, en vue de s'assurer que la production est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Se référer à l'Article 7 de la CEI 62271-1 en ajoutant les essais individuels de série suivants:

- essais de fonctionnement mécanique:..... 7.102
- essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques: 7.104
- essais de pression des compartiments à remplissage de gaz (s'il y a lieu):..... 7.103
- essais après montage sur le site 7.105
- mesurage de l'état du fluide après remplissage sur site:..... 7.106

NOTE Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des matériels de caractéristiques assignées et de construction identiques (voir Article 5).

7.1 Essai diélectrique du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la CEI 62271-1 est applicable avec le complément et l'exception suivants:

L'essai de tension à fréquence industrielle doit être effectué suivant les exigences de 6.2.6.1. La tension d'essai spécifiée aux Tableaux 1a et 1b, colonne 2 de la CEI 62271-1 doit être appliquée en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai, les conducteurs des autres phases 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).

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, les essais doivent être effectués à la pression (ou densité) de remplissage assignée du gaz d'isolation (voir 4.11).

7.2 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Le paragraphe 7.3 de la CEI 62271-1 est applicable avec les modifications suivantes:

Cet essai doit être réalisé selon 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 la CEI 62271-1 est applicable.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

Le paragraphe 7.5 de la CEI 62271-1 est applicable.

7.101 Mesurage des décharges partielles

Cet essai fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

La mesure des décharges partielles peut convenir comme essai individuel de série pour détecter des défauts possibles de matière et de fabrication, principalement si des matériaux d'isolation organiques sont utilisés, et est recommandée pour les compartiments à remplissage de fluide.

Si un tel essai est convenu, la méthode d'essai doit être conforme à l'Annexe BB.

7.102 Essais de fonctionnement mécanique

Les essais de fonctionnement doivent être effectués pour s'assurer que les appareils de connexion et les parties amovibles satisfont aux conditions de manœuvre prescrites et que les verrouillages mécaniques fonctionnent correctement.

Les essais doivent être réalisés conformément aux spécifications de 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 capable d'affecter le fonctionnement de l'appareillage.

7.104 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques

Les dispositifs électriques, pneumatiques et autres dispositifs de commande, y compris les verrouillages, à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être soumis à 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 réalisé.

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 la manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

7.105 Essais après montage sur le site

Après montage, l'appareillage sous enveloppe métallique doit être soumis à essai pour en vérifier le fonctionnement correct.

Pour les parties qui sont assemblées sur le site et pour les compartiments qui sont remplis de gaz sur le site, il convient de réaliser les essais suivants:

a) Essai de tension du circuit principal:

Après accord entre constructeur et utilisateur, des essais de tension à fréquence industrielle peuvent être effectués à sec sur les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique, après montage sur le site, exactement de la même manière que ceux spécifiés en 7.1 pour les essais individuels de série en usine;

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être de 80 % des valeurs indiquées en 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. Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la terre et à l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique;

Si l'essai de tension après montage sur le site remplace l'essai individuel de série en usine, on doit appliquer la pleine tension d'essai à fréquence industrielle.

NOTE 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.

b) Essais d'étanchéité: le 7.4 est applicable;

c) Vérification de l'état du fluide après remplissage sur le site: le 7.106 est applicable.

7.106 Vérification 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 la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

8.101 Généralités

L'appareillage sous enveloppe métallique peut être construit sous différentes formes qui ont évolué en fonction des changements de technologies et des exigences fonctionnelles. Le choix d'un appareillage sous enveloppe métallique nécessite principalement l'identification des exigences fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation et l'identification de la constitution des cloisonnements internes qui satisfont au 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 valeurs assignées

Pour des contraintes en service données, l'appareillage sous enveloppe métallique est choisi en tenant compte des valeurs assignées individuelles de ses composants, déterminées par les conditions en charge normale et conditions de défaut. Les valeurs assignées d'un ensemble d'appareillage peuvent être différentes de celles de leurs composants.

Il convient de choisir les valeurs assignées selon 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 métallique est prévue dans le réseau. Se référer à la CEI 60909-0 pour cet aspect. Se reporter au [5] de la Bibliographie.

8.103 Choix du modèle et de sa construction

8.103.1 Généralités

On identifie normalement un appareillage sous enveloppe métallique par sa technologie d'isolation (par exemple isolé dans l'air ou dans un gaz) et par sa structure fixe ou débrochable. La mesure dans laquelle il convient que des composants individuels soient débrochables ou extractibles dépend en premier lieu des exigences (s'il y en a) de maintenance et/ou 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 demandés, et c'est la raison pour laquelle certaines conceptions peuvent rendre accessibles les parties mécaniques en les plaçant à l'extérieur du compartiment à haute tension.

La préférence donnée par l'utilisateur 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 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 préférée actuellement, les ensembles équipés avec des composants à maintenance réduite peuvent répondre au besoin de façon bien adaptée. Les ensembles fixes, en particulier ceux employant des composants à maintenance réduite, peuvent constituer une alternative intéressante en termes de coût sur la durée de vie du produit.

Dans le cas où un compartiment du circuit principal est ouvert, l'intervention sur l'appareillage en toute sécurité implique (indépendamment de la structure fixe ou débrochable) qu'il convient que les parties sur lesquelles un travail doit être réalisé soient isolées de toute source d'alimentation et mises à la terre. De plus, il convient que les dispositifs de sectionnement utilisés pour l'isolation soient verrouillés empêchant une reconnexion.

8.103.2 Architecture et accessibilité aux compartiments à haute tension

La structure des différents 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 cloisons amovibles temporaires qui peuvent être nécessaires pour prévenir un contact accidentel avec des parties sous tension lors de la réalisation de certaines procédures de maintenance sont décrites en 10.4.

NOTE 2 Si l'utilisateur emploie 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 comprend la liste et le type de chaque compartiment à haute tension, par exemple compartiment jeu de barres, compartiment disjoncteur, etc., la classe d'accessibilité prévue pour chacun et la structure (débrochable ou non).

Il y a quatre types de compartiments à haute tension, trois étant accessibles par l'utilisateur et un non-accessible.

Compartiments à haute tension accessibles: trois méthodes sont définies pour contrôler l'ouverture d'un compartiment à haute tension accessible.

- La première, par l'utilisation d'interverrouillages assure que toutes les parties sous tension 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 «compartiment accessible contrôlé par interverrouillage». 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 conforme à la CEI 62271-201.

NOTE 3 En règle générale, il est possible d'ouvrir manuellement les volets ou les cloisons amovibles temporaires après accès au compartiment à haute tension.

- La seconde est basée sur les procédures de l'utilisateur et l'utilisation de dispositifs de condamnation, le compartiment étant pourvu de dispositifs pour permettre la mise en place de cadenas ou de moyens équivalents, définissant un «compartiment accessible selon procédure».
- La troisième ne prévoit aucun dispositif intégré pour assurer la sécurité électrique avant l'ouverture. Elle nécessite des outils pour l'ouverture définissant un «compartiment accessible par outillage».

Les deux premiers types de compartiments à haute tension accessibles ci-dessus 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 qu'il convient que l'utilisateur prenne d'autres mesures pour assurer la sécurité, voire pour assurer le maintien des performances, par exemple celles concernant l'isolation, etc.

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 la soudure complète de la cuve d'un GIS.

8.103.3 Continuité de service de l'appareillage

L'enveloppe métallique est destinée à procurer le 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 contrôle 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 contenant un circuit principal de cette unité fonctionnelle 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 la séparation complète par rapport au réseau de l'appareillage et sa mise hors tension avant de procéder à l'ouverture.

Catégorie LSC2: cette conception est prévue 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 connexion 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 connexion à haute tension accessibles pour lesquelles 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 lesquelles tous les compartiments à haute tension accessibles (autres que le jeu de barres d'un ensemble ou 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 (autre 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 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 principale 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 une conception débrochable. Si l'appareil principal de connexion 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 principal de connexion 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 principal de connexion;
 - pour les composants raccordés d'un côté de l'appareil principal de connexion, par exemple le circuit d'alimentation;
 - pour les composants raccordés de l'autre côté de l'appareil principal de connexion, par exemple le jeu de barres. Pour l'appareillage à deux jeux de barres, chaque jeu doit être dans un compartiment séparé.