

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 © 2003 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

CONTENTS

FOREWORD	5
1 General.....	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	10
2 Normal and special service conditions	11
3 Terms and definitions	11
4 Ratings	17
4.1 Rated voltage (U_r)	17
4.2 Rated insulation level	17
4.3 Rated frequency (f_r)	17
4.4 Rated normal current and temperature rise	17
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	18
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	18
4.7 Rated duration of short circuit (t_k)	18
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a)	18
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits	18
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation	18
4.10.1 Rated filling level (of fluid-filled compartments)	18
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	19
5.4 Auxiliary and control equipment	21
5.5 Dependent power operation	21
5.6 Stored energy operation	21
5.7 Independent manual 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	22
5.12 Position indication	23
5.13 Degrees of protection by enclosures	23
5.14 Creepage distances	23
5.15 Gas and vacuum tightness	23
5.16 Liquid tightness	24
5.17 Flammability	24
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)	24
6 Type tests	30
6.1 General	30
6.2 Dielectric tests	32
6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test	35
6.4 Measurement of the resistance of circuits	36
6.5 Temperature-rise tests	38
6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests	37

6.7	Verification of the protection.....	39
6.8	Tightness tests	39
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC).....	39
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	39
7	Routine tests.....	43
7.1	Dielectric test on the main circuit.....	44
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	44
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	44
7.4	Tightness test	44
7.5	Design and visual checks	44
8	Guide to the selection of metal-enclosed switchgear and controlgear for service.....	46
8.1	Selection of rated values	46
8.2	Selection of design and construction	46
8.3	Internal arc classification.....	49
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders.....	53
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance.....	55
10.1	Conditions during transport, storage and installation.....	55
10.2	Installation	55
10.3	Operation.....	55
10.4	Maintenance	55
11	Safety	56
Annex A (normative) Internal fault – Method for testing the metal-enclosed switchgear and controlgear under conditions of arcing due to an internal fault		57
A.1	Introduction.....	57
A.2	Types of accessibility	58
A.3	Test arrangements	58
A.4	Current and voltage applied.....	62
A.5	Test procedure.....	63
A.6	Acceptance criteria.....	64
A.7	Test report.....	65
A.8	Designation of IAC classification.....	66
Annex B (normative) Partial discharge measurement		73
B.1	General.....	73
B.2	Application	73
B.3	Test circuits and measuring instruments.....	74
B.4	Test procedure.....	74
B.5	Maximum permissible partial discharge quantity	75
Annex C (informative) Explanatory notes		79
C.1	Changes in classifications, compared to the third edition (1990) of IEC 60298	79
C.2	ANSI defined metal-clad.....	82

C.3 Former IEC defined metal-clad in terms of IEC 62271-200 definitions	82
C.4 Example of modular fuse-switch type.....	83
Bibliography	85
Figure A.1 – Mounting frame for vertical indicators.....	67
Figure A.2 – Horizontal indicator	67
Figure A.3 – Position of the indicators.....	68
Figure A.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, functional unit at or above 1,5 m.....	69
Figure A.5 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, functional unit above 2 m high	70
Figure A.6 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, functional unit below 2 m high	71
Figure A.7 – Test arrangement for overhead connected pole-mounted switchgear and controlgear.....	72
Figure B.1 – Partial discharge test circuit (three-phase arrangement).....	77
Figure B.2 – Partial-discharge test circuit (system without earthed neutral).....	78
Table 1 – Nameplate information	21
Table 2– Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal faults	50
Table 3 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for metal enclosed switchgear	51
Table B.1 – Test circuits and procedures	76
Table C.1 – Comparison of IEC and IEEE definition of metal-clad	79
Table C.2 – Classification related to personnel safety in case of internal arc	80

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-200 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This first edition of IEC 62271-200 cancels and replaces the third edition of IEC 60298, published in 1990, and constitutes a technical revision.

Significant technical changes from the third edition of IEC 60298 are as follows:

This revised document has been basically changed to be updated to today's use of high-voltage switchgear and controlgear up to 52 kV. The main changes are: new definitions and classification of equipment, introduction of internal arc classes (IAC) and its testing.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60694¹ published in 1996. Clause numbering follows the clause numbering of that standard. Additional subclauses, as they relate to a particular clause or subclause from IEC 60694, are numbered 101, 102, etc.

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

FDIS	Report on voting
17C/311/FDIS	17C/315/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.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2009. At this date, the publication will be

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

¹ IEC 60694 (1996) will be replaced by IEC 62271-1 as soon as available.

**COMMON NUMBERING OF IEC 62271 PUBLICATIONS FALLING UNDER
THE RESPONSIBILITY OF SUBCOMMITTEES SC 17A AND SC 17C**

In accordance with the decision taken at the joint SC 17A/SC 17C meeting in Frankfurt, June 1998 (item 20.7 of 17A/535/RM), a common numbering system has been established for the publications falling under the responsibility of SC 17A and SC 17C. IEC 62271 – *High-voltage switchgear and controlgear* is the publication number and main title element for the common publications.

The numbering of these publications will apply the following principle.

- a) Common standards prepared by SC 17A and SC 17C will start with IEC 62271-1.
- b) Standards of SC 17A will start with IEC 62271-100.
- c) Standards of SC 17C will start with number IEC 62271-200.
- d) Publications prepared by SC 17A and SC 17C will start with number IEC 62271-300.

The table below relates the new numbers to the old numbers. The parts numbered (xxx) will be given a final number pending the decision to publish the revised publication as standard or technical report.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-200:2003

**Common numbering of IEC 62271 publications falling under the responsibility
of subcommittees SC 17A and SC 17C**

IEC 62271 series	HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR	Old IEC number, if any
Part	New title	
1	Common specifications	IEC 60694
2	Seismic qualification for rated voltages of 72,5 kV and above	-
100	High-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 60056
101	Synthetic testing	IEC 60427
102	High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches	IEC 60129
103	Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV	IEC 60265-1
104	Switches for rated voltages of 52 kV and above	IEC 60265-2
105	Alternating current switch-fuse combinations	IEC 60420
106	Alternating current contactors and contactor-based motor-starters	IEC 60470
107	Alternating current switchgear-fuse combinations	-
108	Switchgear having combined functions	-
109	Series capacitor by-pass switches	-
200	AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV	IEC 60298
201	Insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	IEC 60466
202	High-voltage/low-voltage prefabricated substations	IEC 61330
203	Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60517
204	High-voltage gas-insulated transmission lines for rated voltages of 72,5 kV and above	IEC 61640
(300)	Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers	IEC 61166
(301)	Guide for inductive load switching	IEC 61233
(302)	Guide for short-circuit and switching test procedures for metal-enclosed and dead tank circuit-breakers	IEC 61633
(303)	Use and handling of sulphur hexafluoride (SF ₆) in high-voltage switchgear and controlgear	IEC 61634
(304)	Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions	IEC 60932
(305)	Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 60859
(306)	Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	IEC 61639
(307)	Use of electronic and associated technologies in auxiliary equipment of switchgear and controlgear	IEC 62063
308	Guide for asymmetrical short-circuit breaking test duty T100a	-
309	TRV parameters for high-voltage switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and less than 100 kV	-
310	Electrical endurance testing for circuit-breakers rated 72,5 kV and above	-

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

This standard defines several types 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 2 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 3 Gas-filled compartments having a design pressure exceeding 300 kPa (relative pressure) should be designed and tested in accordance with IEC 60517.

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 4 Switchgear and controlgear assemblies having an insulation enclosure are covered by IEC 60466.

NOTE 5 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 60694.

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):2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

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

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

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60265-1:1998, *High-voltage switches – Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV*

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

IEC 60466:1987, *AC insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV*

IEC 60470:2000, *High-voltage alternating current contactors and contactor-based motor-starters*

IEC 60480:1974, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment*

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

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60909-0:2001, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*

IEC 60932:1988, *Additional requirements for enclosed switchgear and controlgear from 1 kV to 72,5 kV to be used in severe climatic conditions*

IEC 61634:1995, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62271-100:2001, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*

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

IEC 62271-105:2002, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations*

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

2 Normal and special service conditions

Clause 2 of IEC 60694 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.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following definitions as well as the definitions of IEC 60050(441), IEC 60050(151) and IEC 60694 apply, except where indicated. Some standard definitions are recalled here for ease of reference.

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

[IEV 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

[IEV 441-12-04, modified]

3.103

functional unit (of an assembly)

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

[IEV 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

two or more functional units arranged vertically within a single enclosure

3.105

transport unit

part of metal-enclosed switchgear and controlgear 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

[IEV 441-13-01 modified]

3.107

compartment

part of metal-enclosed switchgear and controlgear enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation

[IEV 441-13-05, modified]

Four types of 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 Compartments are identified according to the main component(s) contained therein (refer to 5.103.1).

3.107.1

interlock-controlled accessible compartment

compartment containing high-voltage parts, 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, repairing, etc. are not considered as normal maintenance.

3.107.2

procedure-based accessible compartment

compartment containing high-voltage parts, 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, repairing, etc. are not considered as normal maintenance.

3.107.3

tool-based accessible compartment

compartment containing high-voltage parts, that may be opened, but not for normal operation and maintenance. Special procedures are required. Tools are necessary for opening

3.107.4

non-accessible compartment

compartment containing high-voltage parts that must not be opened. Opening may destroy the integrity of the compartment. Clear indication not to open is provided on/by the compartment

3.108

partition

part of metal-enclosed switchgear and controlgear separating one compartment from other compartments

[IEV 441-13-06, modified]

3.109

partition class

class defining whether metallic or non-metallic material for separation to live parts is used

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 live parts of the main circuit

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 live parts of the main circuit

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 disconnecter, to engage fixed contacts, to a position where it becomes a part of the enclosure or partition shielding the fixed contacts

[IEV 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

[IEV 441-11-11]

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

3.112**bushing**

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

3.113**component**

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

3.114**main circuit (of an assembly)**

all the conductive parts of metal-enclosed switchgear and controlgear included in a circuit which is intended to transmit electrical energy

[IEV 441-13-02, modified]

3.115**earthing circuit**

connection of each earthing device, or points provided for earthing purposes, to the terminal intended to be connected to the earthing system of the installation

3.116**auxiliary circuit**

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

[IEV 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 limit the pressure in a fluid-filled compartment

3.118

fluid-filled compartment

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 3.6.5.1 of IEC 60694

3.118.2

liquid-filled compartment

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.

For pressure systems, refer to 3.6.4 of IEC 60694

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

[IEV 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

[IEV 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

[IEV 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

[IEV 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

[IEV 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

[IEV 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

[IEV 441-16-29, modified]

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

category defining the possibility to keep other compartments and/or functional units energised when opening a main circuit compartment

NOTE 1 The LSC category describes the extent to which the switchgear and controlgear are intended to remain operational in case access to a main-circuit compartment is necessary. The extent to which it is considered necessary to open main-circuit compartments with a live installation might be dependent on several aspects (refer to 8.2).

NOTE 2 The LSC category does not describe ranks of reliability of switchgear and controlgear (refer to 8.2).

3.131.1

category LSC2 switchgear and controlgear

switchgear and controlgear having accessible compartments other than the busbar compartment of a single busbar switchgear and controlgear

For metal-enclosed switchgear and controlgear, when any accessible compartment in a functional unit is open, all other functional units are intended to remain energized and operated normally. An exception applies in the case of the busbar compartment of single-busbar switchgear and controlgear which, when opened, prevents service continuity.

Two subdivisions are recognized:

LSC2B: switchgear and controlgear of category LSC2 where the cable compartment is also intended to remain energized when any other accessible compartment of the corresponding functional unit is open.

LSC2A: LSC2 switchgear and controlgear, other than LSC2B

3.131.2

category LSC1 switchgear and controlgear

metal-enclosed switchgear and controlgear other than category LSC2

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 the appropriate tests

NOTE Refer to Annex A for additional information.

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

(see 3.3 of IEC 60529)

3.134

rated value

quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component device or equipment

[IEV 151-16-08, modified]

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) (for main and earthing circuits);
- f) rated peak withstand current (I_p), if applicable (for main and earthing circuits);
- g) rated duration of short circuit (t_k) (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).

4.1 Rated voltage (U_r)

Subclauses 4.1 and 4.1.1 of IEC 60694 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 60694 is applicable.

4.3 Rated frequency (f_r)

Subclause 4.3 of IEC 60694 is applicable.

4.4 Rated normal current and temperature rise

4.4.1 Rated normal current (I_r)

Subclause 4.4.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

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

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

The temperature rise of components contained in metal-enclosed switchgear and controlgear which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC 60694 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for that component.

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 current (I_k)

Subclause 4.5 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

A rated short-time withstand current shall also be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

4.6 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 4.6 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

A rated peak withstand current shall also be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

NOTE In principle, the rated short-time withstand current and 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 compartment, advantage may be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

4.7 Rated duration of short circuit (t_k)

Subclause 4.7 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

A rated duration of short circuit shall also be assigned to the earthing circuit. 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 60694 is applicable.

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

Subclause 4.9 of IEC 60694 is applicable.

4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation

Subclause 4.10 of IEC 60694 is applicable.

4.10.1 Rated filling level (of fluid-filled compartments)

The pressure (relative pressure) in Pa (or density) or liquid mass assigned by the manufacturer referred to atmospheric air conditions of 20 °C at which the gas- or liquid-filled compartment is filled before being put into service.

5 Design and construction

Metal-enclosed switchgear and controlgear shall be designed so that normal service, inspection and maintenance operations, determination of the energized or de-energized state of the main circuit, including the usual 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, can be carried out safely.

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 fused short-circuit current.

5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 5.1 of IEC 60694 is applicable.

5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 5.2 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Sulphur hexafluoride (SF₆) complying with IEC 60480 may be used.

NOTE For the handling of SF₆ refer to IEC 61634.

5.3 Earthing

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 For systems with other than solidly earthed neutral, the maximum short-time current of the earthing circuit may reach levels up to 87 % of the rated short-time withstand current of the main circuit (short circuit under conditions of double-earth fault).

The earthing circuit is normally designed for a single short-circuit withstand.

5.3.1 Earthing of the main circuit

To ensure personnel protection during maintenance work, all parts of the main circuit 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.

5.3.2 Earthing of the enclosure

Subclause 5.3. of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Factory-built transport units shall be interconnected during final installation through an earthing conductor. 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 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.

The current density in the earthing conductor, if of copper, shall under the specified earth-fault conditions not exceed 200 A/mm^2 for a rated duration of short circuit of 1 s, and 125 A/mm^2 for a rated duration of short circuit of 3 s. However, its cross-section shall be not less than 30 mm^2 . It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation. If the earthing conductor is not made of copper, equivalent thermal and mechanical requirements shall be met.

NOTE 2 As guidance, reference is made to a method of calculating cross-sectional areas of conductors given in IEC 60724.

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

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.

NOTE 3 Subclause 5.102 deals with the enclosure and doors.

5.3.3 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.

5.3.4 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).

5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 60694 is applicable.

5.5 Dependent power operation

Subclause 5.5 of IEC 60694 is applicable.

5.6 Stored energy operation

Subclause 5.6 of IEC 60694 is applicable.

5.7 Independent manual operation

Subclause 5.7 of IEC 60694 is applicable.

5.8 Operation of releases

Subclause 5.8 of IEC 60694 is applicable.

5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices

Subclause 5.9 of IEC 60694 is applicable.

5.10 Nameplates

Subclause 5.10 of IEC 60694 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 1.

Table 1 – Nameplate information

	Abbreviation	Unit	**	Condition: Marking only required if
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Manufacturer			X	
Type designation			X	
Serial number			X	
Instruction book reference			X	
Year of manufacture			X	
Applicable standard			X	
Rated voltage	U_r	kV	X	
Rated frequency	f_r	Hz	X	
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	kV	X	
Rated power frequency withstand voltage	U_d	kV	X	
Rated normal current	I_r	A	X	

	Abbreviation	Unit	**	Condition: Marking only required if
Rated short-time withstand current (for main and earthing circuits)	I_k	kA	X	
Rated peak withstand current (for main and earthing circuits)	I_p	kA	Y	Different from 2,5 for 50 Hz and 2,6 for 60 Hz
Rated duration of short circuit (for main and earthing circuits)	t_k	s	X	
Rated filling level for insulation	p_{re}	Pa or kg	(X)	
Alarm level for insulation	p_{ae}	Pa or kg	(X)	
Minimum functional level for insulation	p_{me}	Pa or kg	(X)	
Insulating fluid and mass		kg	(X)	
Internal arc classification	IAC		(X)	
Accessibility type (code)		A(F,L,R), B(F,L,R) or C	(X)	
Arc test current		kA	(X)	
Arc test current duration		s	(X)	
(**) 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 nameplates of each functional unit shall 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 60694 is applicable with the following additions:

Interlocks between different components of the equipment are provided for reasons of protection and for convenience of operation. 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, also a disconnector in the 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 60694 is applicable.

5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 60694 is applicable.

5.14 Creepage distances

Subclause 5.14 of IEC 60694 is applicable.

5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Refer to 5.103.2.3.

5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

Refer to 5.103.2.3.

5.17 Flammability

Subclause 5.17 of IEC 60694 is applicable.

5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 60694 is applicable.

5.101 Internal 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 faults.

The user shall make a proper selection, according to the characteristics of the network, operating procedures and service conditions (refer to 8.3).

If the switchgear and controlgear is installed, operated and maintained following the instructions of the manufacturer, there should be little probability that an internal arc occurs during its entire service life, but it cannot 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.

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others. Table 2 in Clause 8 gives a list of such locations, causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal faults.

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

The following are some examples of these measures.

- Rapid fault-clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection.
- Application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the let-through current and fault duration.
- Fast elimination of arc by diverting it to metallic short circuit by means of fast sensing and fast closing devices (arc eliminator).
- Remote control.
- Pressure relief device.
- Transfer of a withdrawable part to or from the service position only when the front door is closed.

The effectiveness of the design, at providing the prescribed level of protection of persons in case of an internal arc, can be verified by testing according to Annex A. Designs which have been successfully tested qualify as IAC classified.

5.102 Enclosure

5.102.1 General

Enclosures shall be metallic. External parts of the switchgear and controlgear may be of insulating material, provided that HV parts are completely enclosed by metallic partitions or shutters intended to be earthed. Excepted are inspection windows complying with 5.102.4. When the metal-enclosed switchgear and controlgear is installed, the enclosure shall provide at least the degree of protection IP 2X, according to IEC 60694, Table 6. It 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. The floor surface, even if not metallic, 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 walls of a room shall not be considered as parts of the enclosure.

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

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

5.102.2 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 HV 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 5.102.4/5.

Several categories of covers or doors are recognized with regard to the type of accessible compartments they provide access to.

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

These covers or doors need not be opened for the normal purposes of operation or maintenance (fixed covers). 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 part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the disconnected position with corresponding shutters closed;

- procedure-based accessible compartments.

These 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 part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the disconnected position with corresponding shutters closed. Procedures may be dictated by legislation of the country of installation or by user safety documentation.

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.

NOTE 1 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.

NOTE 2 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 live parts of the main circuit and the accessible surface of the inspection windows shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 60694 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 Compartments

5.103.1 General

A compartment shall be designated by the main component contained therein, for example, circuit-breaker compartment, busbar compartment, cable compartment, etc.

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

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

Compartments may be of various types, for example:

- liquid-filled;
- gas-filled;
- solid-insulation.

Main components individually embedded in solid insulating material may be considered as compartments, provided that the conditions specified in IEC 60466 are met.

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

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

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 60694).

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 enclosure shall not be less than the upper limit of the pressure reached within the enclosure at the design temperature.

Account shall be taken of the possibility of the occurrence of an internal fault (refer to 5.101) and the following for fluid-filled compartments:

- 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 60694).

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

For gas-filled compartments where the minimum functional level exceeds 100 kPa (relative pressure) an indication should be provided when the pressure at 20 °C has fallen below the minimum functional level (refer to 3.120).

A partition, separating a compartment filled with insulating gas from a neighbouring compartment filled with liquid, such as a cable box or a voltage transformer, 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 60529.

Partitions shall provide mechanical protection against the normal gas pressure still present in the adjacent compartment (if applicable).

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 compartment, (for example, cable compartment open but shutters mounted in breaker compartment). In such situations, verification of the shutter status may require access to the second compartment or provision of 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 live parts of the main circuit, 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 not exceed 12,5 mm to be in line with degree of protection IP2X.

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 live parts of the main circuit and the accessible surface of insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2.1 of IEC 60694 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.
- c) The insulation between live parts of the main circuit and the inner surface of insulating partitions and shutters facing these shall withstand at least 150 % of the rated voltage of the equipment.
- 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 disconnecter or intended to be removed and replaced more often than only for maintenance purposes, then testing shall also include the mechanical operation tests according to IEC 62271-102.

The requirement that it shall be possible to know the operating position of the 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 1 In some countries, regulations require that the isolating distance is visible.

NOTE 2 Refer to IEC 62271-102.

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 switchgear and controlgear IAC classified, the transfer of withdrawable parts to or from service position shall be carried out without reduction of 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. The effectiveness of the adopted design shall be verified by testing (see Clause A.1).

5.105 Provisions for dielectric tests on cables

When it is not practical to disconnect the cable for the dielectric tests from the metal-enclosed switchgear and controlgear, those parts which remain connected to the cable shall be capable of withstanding the cable test voltages as stated by the manufacturer and based upon the relevant cable standards. That is, when one side of the isolating gap is energized at normal system voltage to earth and tests are being carried out on the cable connected to the other side of the isolating gap.

Refer to the dielectric test defined in 6.2.101.

NOTE Attention is drawn to the fact that practically no safety margin is left in some cases between the rated power-frequency test voltage for the isolating distance and the resulting voltage stress across the isolating distance due to the application of the cable test voltage if the other side of the isolating distance of metal-enclosed switchgear and controlgear is still live.

6 Type tests

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 60694 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 60694 shall comply with and be tested in accordance with those specifications, taking into account the following subclauses.

The type tests shall be made on a representative functional unit. Because of the variety of types, 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) Test 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 protection of persons against access to hazardous parts and the protection of the equipment against solid foreign objects (see 6.7).

Mandatory type tests, where applicable:

- g) Tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects (see 6.104)
- h) Tests to verify the strength of gas-filled compartments (see 6.103)
- i) Tightness tests of gas- or liquid-filled compartments (see 6.8)
- j) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault (for switchgear and controlgear classification IAC) (see 6.106)
- k) Electromagnetic compatibility tests (EMC) (see 6.9).

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

- l) Tests to verify the protection of the equipment against external effects due to weather (see 6.105)
- m) Tests to verify the protection of the equipment against mechanical impact (see 6.7)
- n) Tests to evaluate the insulation of the equipment by the measurement of partial discharges (see 6.2.9)
- o) Artificial pollution tests (see 6.2.8)
- p) Dielectric tests on cable testing circuits (see 6.2.101).

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 60694 is applicable with the following modifications:

The mandatory type tests (not including items j) and k)) 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 60694 is applicable.

6.1.3 Information to be included in type-test reports

Subclause 6.1.3 of IEC 60694 is applicable.

6.2 Dielectric tests

Subclause 6.2 of IEC 60694 is applicable.

6.2.1 Ambient air conditions during tests

Subclause 6.2.1 of IEC 60694 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 metal-enclosed switchgear and controlgear during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 60694 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 60694 is applicable, with the following modifications:

- the second paragraph of item a) that refers to wet test is not applicable;
- the first paragraph of item b) is replaced by

The switchgear and controlgear has passed the impulse tests if the following conditions are fulfilled:

- a) the number of disruptive discharges do not exceed two for each series of 15 impulses;
- b) no disruptive discharges on non-self-restoring insulation occur.

This is verified by at least five impulses without disruptive discharge following that impulse which caused the last disruptive discharge. If this impulse is one of the last five out of the series of 15 impulses, additional impulses shall be applied, provided that the total number of discharges does not exceed two in the complete series. This can result in a maximum of 25 impulses per series.

NOTE 1 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 60694 is not applicable.

Because of the great variety of designs, it is not feasible to give specific indications of the tests to be performed on the main circuit, but, in principle, 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 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. 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 6.2.5.2 of IEC 60694.

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 withdrawn or removed switching device.

If, in the disconnected 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, in the disconnected position, there is no earthed metallic shutter or partition between the fixed part and the withdrawable part, the test voltages specified across the isolating distance shall be applied

- between the fixed and moving contacts intended to engage, if conductive parts of the main circuit of the withdrawable part can inadvertently be touched;
- between the fixed contacts on one side and the fixed contacts on the other side, with the switching device of the withdrawable part in the closed position if possible, if they cannot inadvertently be touched. If it is not possible to have the switching device closed in the disconnected position, then this test shall be repeated in the test position with the switching device of the withdrawable part closed.

c) Complementary tests

In order to check compliance with the requirement of item c) of 5.103.3.3, the insulation between the live parts of the main circuit and the inside of insulating partitions or shutters shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150 % of the rated voltage 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 metal-enclosed switchgear and controlgear

The tests shall be performed with the applicable test voltages given in Table 1a or 1b of 4.2 of IEC 60694. 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

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.

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

Switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests in dry conditions only. Procedure B of IEC 60060-1 shall be applied using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s. Fifteen consecutive lightning impulses at the rated withstand voltage shall be applied for each test condition and each polarity.

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 secondaries shall be short-circuited and earthed. Current transformers with a low ratio 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 shall, if necessary, 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 rated voltage above 245 kV

Not applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests

Metal-enclosed switchgear and controlgear 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 submitted to test according to IEC 60932, upon agreement between the manufacturer and user.

6.2.9 Partial discharge tests

Refer to Annex B with the following additions:

This test is subject to agreement between manufacturer and user.

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

NOTE 1 In the case of designs consisting of a combination of conventional components (for instance, instrument transformers, bushings) that can be tested separately in accordance with their relevant standards, the purpose of this partial discharge test is to check the arrangement of the components in the assembly.

NOTE 2 This test may be carried out on assemblies or subassemblies. Care should be taken that external partial discharges do not affect the measurement.

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 60694 is applicable.

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

Voltage-limiting devices, if any, shall be disconnected.

6.2.11 Voltage test as condition check

Subclause 6.2.11 of IEC 60694 is applicable.

6.2.101 Dielectric tests on cable testing circuits

To allow dielectric tests on cables while the switchgear and controlgear is in service (refer to 5.105), an additional power-frequency withstand voltage type test may be applied to confirm the ability of the relevant isolating distances to withstand cable test voltage while the other side of the isolating distance is still live.

The test values are subject to agreement between the user and manufacturer.

NOTE The test values agreed should be chosen to ensure a safety margin between the rated power-frequency test voltages for the isolating distance and the resulting voltage stress across the isolating distance due to the application of, for example, a d.c. cable test voltage while the other side of the isolating distance of metal-enclosed switchgear and controlgear is still live.

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

Not applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

6.4.1 Main circuit

Subclause 6.4.1 of IEC 60694 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 60694 is applicable.

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 60694 is applicable, with the following addition:

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

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

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

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

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

6.5.1 Conditions of the metal-enclosed switchgear and controlgear to be tested

Subclause 6.5.1 of IEC 60694 is applicable.

6.5.2 Arrangement of the equipment

Subclause 6.5.2 of IEC 60694 is applicable.

6.5.3 Measurement of the temperature and the temperature rise

Subclause 6.5.3 of IEC 60694 is applicable.

6.5.4 Ambient air temperature

Subclause 6.5.4 of IEC 60694 is applicable.

6.5.5 Temperature-rise test of the auxiliary and control equipment

Subclause 6.5.5 of IEC 60694 is applicable.

6.5.6 Interpretation of the temperature-rise tests

Subclause 6.5.6 of IEC 60694 is applicable.

6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

Subclause 6.6 of IEC 60694 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.

For these tests, short 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-circuit 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 the rated short-time and peak withstand current under the neutral earthing condition of the system. That is, 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-circuit current tests with earthing devices shall be carried out according to the rated number of phases. Further single-phase tests may be necessary in order to verify the performance of 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 (DC) 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 60694 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 double busbar systems and/or multi-tier designs, the tests shall be made with the most onerous position(s) 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 60694 is applicable.

6.6.3 Behaviour of switchgear and controlgear during test

Subclause 6.6.3 of IEC 60694 is applicable.

6.6.4 Conditions of switchgear and controlgear after test

Subclause 6.6.4 of IEC 60694 is applicable.

6.7 Verification of the protection

6.7.1 Verification of the IP coding

Subclause 6.7.1 of IEC 60694 is applicable, with the following addition:

The minimum degree of protection of the enclosure of the metal-enclosed switchgear and controlgear shall be IP2X in accordance with IEC 60529. A higher degree of protection may be specified in accordance with IEC 60529.

6.7.2 Mechanical impact test

Subclause 6.7.2 of IEC 60694 is applicable.

6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 60694 is applicable.

6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 60694 is applicable, with exception of the radio interference voltage test.

6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

IEC 60694 is applicable for 6.10.1, 6.10.2, 6.10.4-7.

6.10.3 Electrical continuity of earthed metallic parts test

IEC 60694 is not applicable.

Generally no test is needed if adequate design is demonstrated.

However, in case of doubt, the metallic parts of the enclosures and/or metallic partitions and shutters or metallic parts of them shall be tested at 30 A (d.c.) to the earthing point provided.

The voltage drop shall be lower than 3 V.

6.101 Verification of making and breaking capacities

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 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.

Where multi-tier compartments of a multi-tier design are not identical but are designed to accept the same switching device, the following tests/test-duties shall be repeated in each compartment as appropriate to the requirements of the relevant standard.

Where switching devices have previously been tested for short-circuit performance to their relevant standard within the enclosure of the metal enclosed switchgear and controlgear then no further tests may be required.

Switchgear and controlgear, incorporating single or multi-tier design and/or double busbar systems, requires special consideration for the test procedures applicable for the verification of their rated making and breaking capacities to cover combinations likely to be encountered in service.

As it is not possible to cover all possible configurations and designs of switching devices, the following procedures shall be followed, the precise combination of tests being determined by the characteristics and location of the particular switching device being considered.

a) The complete appropriate making and breaking current test series shall be made with the switching device in one of the compartments. If other compartments are similar in design, and also the switching device intended for use in the compartment is identical, then the tests referred to above are also valid for these compartments.

b) Where the compartments are not similar but are designed to accept the same switching device, the following tests/test duties are to be repeated in each of the other compartments, as appropriate to the requirements of the relevant standard:

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

IEC 62271-102 short-circuit making operations according class E1 or E2, as applicable.

IEC 60265-1: 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} , TD_{Iwmax} and $TD_{Itransfer}$.

IEC 60470: Verification of coordination with SCPDs to 6.106 of IEC 60470.

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) and also, where appropriate item b) above.

6.102 Mechanical operation tests

6.102.1 Switching devices and removable parts

Switching devices and withdrawable parts shall be operated 50 times, and removable parts inserted 25 times and removed 25 times to verify satisfactory operation of the equipment.

If a withdrawable or removable part is intended to be used as a disconnecter, then testing shall be in accordance with IEC 62271-102.

6.102.2 Interlocks

The interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching devices and the insertion or withdrawal of removable parts. Fifty attempts shall be made to operate the switching devices and 25 attempts shall be made to insert and 25 attempts to withdraw the removable parts. During these tests only normal operating forces shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices, removable parts or interlocks. In case of manually operated equipment, the normal manual operation handle shall be used to perform the tests.

The interlocks are considered to be satisfactory, if

- a) the switching devices cannot be operated,
- b) the insertion and withdrawal of the removable parts are prevented,
- c) the switching devices, removable parts and the interlocks are in proper working order and the effort to operate them is practically the same before and after the tests.

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 relative withstand pressure of 3 times the design pressure may not be tested for the compartment, because it is not always possible to test without the presence of the pressure-relief device or a dedicated relief area of the compartment wall.

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.

6.104 Tests on non-metallic partitions and shutters

This subclause applies only to partitions (and shutters) intended for protection from (direct and indirect) contact with 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.

Non-metallic partitions and shutters, made or partly made, of insulating material shall be tested as follows.

6.104.1 Dielectric tests

- a) The insulation between live parts of the main circuit and the accessible surface of insulating partitions and shutters shall withstand the test voltages specified in 4.2 of IEC 60694 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.

- c) The insulation between live parts of the main circuit 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.

6.104.2 Measurements of leakage currents

When metal-enclosed switchgear and controlgear contains insulating partitions or shutter 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.

If the value of the leakage current measured is more than 0,5 mA, the insulating surface does not provide the protection required in this standard.

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 60694 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 agreed between manufacturer and user, a weatherproofing test can be made on metal-enclosed switchgear and controlgear intended for outdoor use. A recommended method is given in Annex C of IEC 60694.

6.106 Internal arcing test

This test is applicable to metal-enclosed switchgear and controlgear, intended to be qualified as IAC classified with respect to personnel protection in the event of an internal arc. The test shall be performed according to Annex A, in every compartment containing main circuit parts of representative functional units (refer to Clause A.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 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, unless they are intended to be tested. In that case the 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.

This test covers the case of a fault resulting in an arc occurring in air, or in another insulating fluid (liquid or gas) within the enclosure or within components having housings which form part of the enclosure when the doors and covers are in the position required for normal operating conditions (refer to Clause A.1).

The test procedure also covers the particular case of a fault occurring in solid insulation where this insulation is applied during assembly on site of metal-enclosed switchgear and controlgear and does not comprise prefabricated type-tested insulating parts (refer to A.5.2).

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 the latter can be considered as similar to the tested one in the following aspects:

- dimensions;
- structure and strength of the enclosure;
- architecture of the partition;
- performance of the pressure relief device, if any;
- insulation system.

7 Routine tests

The routine tests shall be made on each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's works 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 60694 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 60694 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 60694 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).

For gas-filled compartments, the tests shall be performed at the rated filling pressure (or density) of the insulating gas (refer to 4.10.1).

7.2 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2 of IEC 60694 is applicable.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

IEC 60694 is not applicable. This test is subject to agreement between manufacturer and user.

The d.c. voltage drop or resistance of each phase of the main circuit shall be measured under conditions as close as possible to those under which the corresponding type test was carried out. The measured value of the type test can be used to determine the limit of resistance value for the routine test.

7.4 Tightness test

IEC 60694 is applicable.

7.5 Design and visual checks

IEC 60694 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 B.

7.102 Mechanical operation tests

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

During these tests which are performed without voltage on or current in the main circuits, it shall be verified, in particular, that the switching devices open and close correctly within the specified limits of the supply voltage and pressure of their operating devices.

Each switching device and each removable part shall be tested as specified in 6.102, but substituting the 50 operations or attempts with 5 operations or attempts in each direction.

7.103 Pressure tests of gas-filled compartments

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

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

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

7.104 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices

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

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

7.105 Tests after erection on site

After erection, 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, it is recommended that the following tests 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: subclause 7. 4 is applicable.

c) Measurement of fluid condition after filling on site: subclause 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 metal-enclosed switchgear and controlgear for service

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. Explanation regarding the changes in classification, compared to the third edition (1990) of IEC 60298 and other current practice, is given in Annex C.

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

Table 2 provides a summary of the considerations for specifying switchgear and controlgear.

8.1 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.

8.2 Selection of design and construction

8.2.1 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 HV 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 to isolate should be secured against re-connection.

8.2.2 Architecture and accessibility to compartments

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

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

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

Complete description of switchgear or controlgear shall include the list and type of 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 compartment, three being accessible to the user and one non-accessible.

Accessible compartments: Three methods of controlling the opening of an accessible compartment are defined.

- The first is by use of interlocks to ensure that all live parts inside are dead and earthed before opening, designated an “interlock-controlled accessible compartment”.
- The second relies on user procedure and locking to ensure safety, the compartment being supplied with facilities for padlocking or equivalent, this is designated a “procedure-based accessible compartment”.
- The third does not provide built-in feature to ensure electrical safety before opening. They need tools to be opened, this is designated a “tool-based accessible compartment”.

The first two types of accessible 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 compartments do not require tools for opening.

If a 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 performances integrity, for example, insulating conditions, etc.

Non-accessible 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.

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

Category LSC1: This form is not intended to provide service continuity during maintenance (if needed) and may require complete disconnection of the switchgear and controlgear from the system and making dead before accessing the interior of the enclosure.

Category LSC2: This form is intended to allow maximum continuity of service of the network during access to the compartments inside the switchgear and controlgear.

LSC2 has two recognized levels:

LSC2A: When accessing components of one functional unit, the other functional units of the switchgear and controlgear may be kept in service.

Example LSC2A for withdrawable designs: In practical terms, this means that the incoming HV-cables of that functional unit shall be made dead and earthed and the circuit shall be disconnected and separated (physically and electrically) from the busbars. Busbars may be kept live. The term separation is used here rather than segregation to avoid making a distinction at this stage between insulation and metallic partitions and shutters (refer to 8.2.4).

LSC2B: In addition to the above level of service continuity LSC2A, in this category LSC2B the incoming HV-cables to the functional unit being accessed may be kept energized. This means that there is another point of disconnection and separation, i.e. between switching device and cables.

Example LSC2B for withdrawable designs: If the main switching device of each functional unit of an LSC2B switchgear and controlgear is fitted in its own accessible compartment, maintenance may be performed on this main switching device without de-energizing the corresponding cable connection. As a consequence, a minimum of 3 compartments for each functional unit is necessary in this example of LSC2B switchgear and controlgear:

- 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, busbars. Where more than one set of busbars is provided, each set is in a separate compartment.

8.2.4 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 Clause A.1 and also to 8.3.

Class PM: opened 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.

8.3 Internal arc classification

When selecting a metal-enclosed switchgear and controlgear, the possibility of the occurrence of internal 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 on the concept of safety.)

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

For guidance, Table 2 gives a list of locations where experience shows that faults are most likely to occur. It also gives causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal faults. If necessary, the user should implement those applicable to the installation, commissioning, operation and maintenance.

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

The following are some examples of these measures:

- rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection;
- application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the let-through current and fault duration;
- fast elimination of arc by diverting it to metallic short circuit by means of fast-sensing and fast-closing devices (arc eliminator);
- remote control;
- pressure-relief device;

- transfer of a withdrawable part to or from the service position only when the front door is closed.

Subclause 5.102.3 considers the practicality of the shutters becoming part of the enclosure when they are closed in positions defined in 3.127 to 3.130. The change of state when moving from position defined in 3.126 to 3.128 (and vice versa) is not tested.

Failures can occur during the racking-in or racking-out of withdrawable parts. Such failures are not necessarily due to change of electrical field by the closing of the shutters, although this is one possibility. A more frequent failure is due to damage or distortion of the plugging contacts and/or the shutters such that a flashover to earth is initiated during the racking process.

In defining classification IAC, 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.

Table 2– Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal faults

Locations where internal faults are most likely to occur (1)	Possible causes of internal faults (2)	Examples of possible preventive measures (3)
Cable 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
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means. Correct torque. Adequate locking means
Instrument transformers	Ferro-resonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit
	Short circuit on LV side for VTs	Avoid short circuit by proper means for example, protection cover, LV fuses
Circuit-breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance Instructions to personnel
All locations	Error by personnel	Limitation of access by compartmentation. 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

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 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.

Classification IAC gives a tested level of protection of persons under normal operating conditions as defined in Clause A.1. It is concerned with personnel protection under these conditions; it is not concerned with personnel protection under maintenance conditions nor with service continuity.

Technical requirements, ratings and optional tests for metal enclosed switchgear are summarized in Table 3.

Table 3 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for metal enclosed switchgear

Information	Clause/sub-clause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Particulars of system (not equipment rating)		
Voltage	kV	
Frequency	Hz	
Number of phases		
Type of neutral earthing		
Switchgear characteristics		
Number of poles		
Class – indoor, outdoor (or special service conditions)	2	
Name of compartment: Busbar Main Device Cable CT VT (etc.)	3.107 (refer to 5.103.1)	Busbar compartment = Main device compartment = Cable compartment = CT compartment = VT compartment = Cable/CT compartment = Main device/CT = Other compartment (state)=
Type of compartment (specify type for each HV compartment) if applicable: Interlock-controlled accessible compartment Procedure-based accessible compartment Tool-based accessible compartment Non-accessible compartment	3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	

Information	Clause/sub-clause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Partition class Class PM Class PI	3.109.1 3.109.2	
Withdrawable/non-withdrawable (main device type)	3.125	(Withdrawable/non-withdrawable) =
Loss of service continuity category (LSC) LSC2B LSC2A LSC1	3.131.1 3.131.1 3.131.2	
Rated voltage U_r 3,6 kV; 7,2 kV; 12 kV; 17,5 kV; 24 kV; 36 kV, etc. and number of phases 1, 2 or 3	4.1	
Rated insulation level: Short-duration 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 I_k Main circuit (incomer/busbar/feeder) Earth circuit	4.5	a) b)
Rated peak withstand current I_p Main circuit (incomer/busbar/feeder) Earth circuit	4.6	a) b)
Rated duration of short circuit t_k Main circuit (incomer/busbar/feeder) Earth circuit	4.7	a) b)
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits U_a a) Closing and tripping b) Indication c) Control	4.8	a) b) c)
Rated supply frequency of closing and opening and of auxiliary circuits	4.9	
Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices (state requirements for example, lock-out on low-pressure indication, etc.)	5.9	

Information	Clause/sub-clause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
Interlocking devices (state any additional requirements to 5.11)	5.11	
Degrees of protection by enclosures (if not IP2X): With doors closed With doors open	5.13 (see 5.102.1 and 5.102.3)	a) b)
Artificial pollution tests	6.2.8	Additional condensation and pollution requirements
Partial discharge tests	6.2.9	Agree with manufacturer the test values
Dielectric tests on cable testing circuits	6.2.101	Agree with manufacturer the test values
Weatherproofing test	6.105	Agree where applicable
Partial discharge measurement	7.101	Agree with manufacturer the test values
Internal 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	6.106 Clause A.2 See also examples in Clause A.8 Clause A.3	Y/N F for front side = L for lateral side = R for rear side =
Additional information For example, special requirements for cable testing		

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.101 Information with enquiries and orders

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 values of components;
 - l) degree of protection for the enclosure and partitions;
 - m) circuit diagrams;
 - n) type of metal-enclosed switchgear and controlgear (LSC1 or LSC2);
 - o) description by name and category of the various compartments, if required;
 - p) class of partitions and shutters (PM or PI);
 - q) classification IAC, if required, with corresponding I_k , I_p , t and FLR, ABC, 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.

Information should be supplied if special type tests are required.

9.102 Information with tenders

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 9.101.
- 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) accessible sides;

- h) instructions for 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 9.101;
 - b) current or power for operation;
 - c) operating times;
 - d) quantity of free gas for operation.
- 5) List of recommended spare parts that should be procured by the user.

10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance

Refer to Clause 10 of IEC 60694.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

Refer to 10.1 of IEC 60694.

10.2 Installation

Refer to 10.2 of IEC 60694 with the addition of a new paragraph after the first paragraph of 10.2.3.

In the case of classification IAC switchgear and controlgear, guidance on safe installation conditions for the case of an internal arc shall be provided as well. The hazards of the actual installation condition shall be assessed with respect to installation conditions of the test specimen during the internal arcing test (refer to Clause A.3). These conditions are considered as minimum permissible conditions. Any installation condition less stringent and/or providing more room is considered to be covered by the test.

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

Refer to 10.3 of IEC 60694

10.4 Maintenance

Refer to 10.4 of IEC 60694 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 Partitions 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

Refer to Clause 11 of IEC 60694 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.

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 8.3.

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.

Annex A **(normative)**

Internal fault – Method for testing the metal-enclosed switchgear and controlgear under conditions of arcing due to an internal fault

A.1 Introduction

This annex applies to metal-enclosed switchgear and controlgear of classification IAC. This classification is intended to offer a tested level of protection to persons in the vicinity of the equipment in normal operating conditions and with the switchgear and controlgear in normal service position, in the event of internal arc.

For the purpose of this annex, normal operating conditions means the conditions of metal-enclosed switchgear and controlgear required to carry out operations such as opening or closing HV switching devices, connecting and disconnecting withdrawable parts, reading of measuring instruments and monitoring equipment, etc. Therefore, if to perform any of such operations any cover has to be removed and/or any door has to be opened, the test described below shall be carried out with the cover and/or door removed.

Removing or replacing active components (for example, HV fuses or any other removable component) are not considered to be normal operations, neither those required to carry out maintenance works.

Internal 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.

The Internal Arc Classification IAC makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, inspection windows, ventilation openings, etc. It also takes into consideration the thermal effects of the arc or its roots on the enclosure and of ejected hot gases and glowing particles, but not damage to internal partition and shutters not being accessible in normal operating conditions.

NOTE Influences of internal arc between compartments are not yet covered by this standard.

The internal arc test described below is intended to verify the effectiveness of the design in protecting persons in case of an internal arc. It does not cover all the effects which may constitute a hazard, such as the presence of gases with potential toxic characteristics that can be present after the fault. From this point of view, immediate evacuation and further ventilation of the switchgear room, before re-entering the site, is required.

The hazard of fire propagation after an internal arc to combustible materials or equipment placed in the proximity of the metal-enclosed switchgear and controlgear is not covered by this test.

A.2 Types of accessibility

a) Metal-enclosed switchgear and controlgear, except pole mounted

A distinction is made between two types of accessibility to the metal-enclosed switchgear and controlgear which are possible in the site of installation:

Accessibility Type A: restricted to authorized personnel only.

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

Corresponding to these two types of accessibility, two different test conditions are described in Clause A.3.

The metal-enclosed switchgear and controlgear may have different types of accessibility on the various sides of its enclosure.

For identification purposes of the different sides of the enclosure (refer to Clauses A.7 and A.8) the following code shall be used:

F for Front side

L for Lateral side

R for Rear side

The Front side shall be clearly stated by the manufacturer.

b) Pole-mounted metal-enclosed switchgear and controlgear

Accessibility type C: Accessibility restricted by installation out of reach

The minimum admissible height of installation shall be stated by the manufacturer.

A.3 Test arrangements

A.3.1 General

The following points shall be observed.

- 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 compartment of a functional unit, containing a main circuit component, shall be tested. In case of switchgear and controlgear consisting of extensible (modular) stand-alone units, the test specimen shall consist of two units connected together as in service. Testing shall be made at least in all compartments of the end of the switchgear and controlgear adjacent to the indicators. However, if there is a substantial difference (to be declared by the manufacturer) in strength between the joining sides of adjacent units and the side forming the end of a switchgear and controlgear, three units shall be used and the test of the different compartments repeated in the central unit.

NOTE 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 (tier).

- In the case of pole-mounted equipment, the test specimen shall be mounted as if in service at the minimum height declared by the manufacturer. If there is a control box and/or electrical/mechanical linkages to the base of the pole, then these shall be fitted.
- When the test specimen is earthed, it shall be at the 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 conditions ($\pm 10\%$). It is permitted to replace SF₆ with air at the rated filling conditions ($\pm 10\%$).

NOTE If the test is carried out with air instead of SF₆, the pressure rise will be different.

A.3.2 Room simulation

a) Metal-enclosed switchgear and controlgear for indoor application

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.

Ceiling

Unless the manufacturer states a larger minimum clearance, the ceiling shall be located at a distance of $600\text{ mm} \pm 100\text{ mm}$ from the upper part of the test specimen. However, the ceiling shall be located at a distance of 2 m from the floor, as a minimum. This provision is applicable when testing specimens of less than 1,5 m high.

The manufacturer may carry out an additional test with lower clearances to the ceiling, in order to assess criteria for installation conditions.

Lateral wall

The lateral wall shall be placed at $100\text{ mm} \pm 30\text{ mm}$ from the lateral side of the test specimen. A lower clearance 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 manufacturer may carry out an additional test with higher clearances to the lateral wall, in order to assess criteria for installation conditions.

Rear wall

The rear wall shall be placed as follows depending on the type of accessibility:

Non-accessible rear side

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

This test arrangement is deemed valid for an installation mounted closer to the wall than the test arrangement, provided that two additional conditions are met (refer to Clause A.6, Criterion No. 1).

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

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

Accessible rear side

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

An additional test may be performed with lower clearances, to prove the capability of the switchgear and controlgear to operate correctly when reduced room is available (for example, to justify the installation close to a wall, in a no rear-accessibility arrangement).

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.

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 m away from the switchgear and controlgear tested.

NOTE The possible effects of hot gases outside of the room containing the switchgear and controlgear are not covered by this standard.

b) Metal-enclosed switchgear and controlgear for outdoor application

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 is less than 1,5 m above the switchgear and controlgear, a corresponding ceiling should be considered.

A.3.3 Indicators (for assessing the thermal effects of the gases)

A.3.3.1 General

Indicators are pieces of black cotton cloth so arranged that their cut edges do not point toward the test specimen.

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) or black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) shall be used for indicators, depending on the accessibility condition.

Care shall be taken to see that the vertical indicators can not ignite each other. This is achieved by fitting them in a frame of steel sheet, with a depth of $2 \times 30 \text{ mm } \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -3 \end{smallmatrix} \text{ mm} \right)$ (refer to Figure A.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 A.2).

The indicator dimensions shall be $150 \times 150 \text{ mm } \left(\begin{smallmatrix} +15 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm} \right)$

A.3.3.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be placed at each accessible 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 100 mm longer than the unit under test in case of accessibility type B, or 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.

NOTE In all cases the distance from the indicators fitted vertically to the switchgear and controlgear is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements (for example, handles, frame of apparatus and so on). 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 above indicated 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 accessible sides of the metal-enclosed switchgear and controlgear up to a height of 2 m evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40-50% of the area (refer to Figures A.3 and A.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 m above the floor as described in Figures A.3 and A.4 and covering the whole area between 300 mm and 800 mm from the metal-enclosed switchgear and controlgear. When the ceiling is placed at a height of 2 m above the floor (refer to indent a) of A.3.2) no horizontal indicators are required. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40-50 % of the area (refer to Figures A.3 and A.4).

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 accessible sides for the metal enclosed switchgear and controlgear up to 2 m above the floor. If the actual height of the specimen is lower than 1,9 m, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 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 A.3 and A.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 A.5, and covering the whole area between 100 mm and 800 mm from the metal-enclosed switchgear and controlgear. If the test specimen is lower than 2 m, indicators shall be placed directly on the top covers as for accessible sides, at a distance of 100 mm ± 5 mm (refer to Figure A.6). They shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40-50 % of the area (refer to Figures A.5 and A.6).

c) Special accessibility condition

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

Where normal operation requires persons to stand or walk upon the equipment, horizontal indicators shall be placed above upper accessible surface, as described in Figure A.6, whatever the height of the switchgear and controlgear.

d) Accessibility type C – Pole-mounted equipment

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

Indicators shall be arranged horizontally, at a height of 2 m covering the whole area of a 3 × 3 m² 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 A.7).

A.4 Current and voltage applied

A.4.1 General

The tests on metal-enclosed switchgear and controlgear shall be carried out three-phase (for three-phase systems). The short-circuit current applied during the test corresponds to the rated short-time withstand current. It may be lower, if specified by the manufacturer.

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.

A.4.2 Voltage

The applied voltage of the test circuit should be equal to the rated voltage of the metal-enclosed switchgear and controlgear. If the capability of the test plant does not permit this, a lower voltage may be chosen provided the following conditions are met for the duration of the test:

- the true r.m.s. current value as computed by a digital recording device complies with current requirements of A.4.3;
- the arc is not extinguished prematurely in any of the phases in which it has been initiated.

A.4.3 Current

A.4.3.1 AC component

The short-circuit current for which the metal-enclosed switchgear and controlgear is specified with respect to arcing shall be set within a $^{+5}_{0}\%$ tolerance. If the applied voltage is equal to the rated voltage, this tolerance applies 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 equals the value specified within a tolerance of $(^{+10}_{0}\%)$. In this case, the current shall be equal to the specified value at least during the first three half-cycles and shall not be less than 50 % of the specified value at the end of the test.

A.4.3.2 Peak current

The instant of closing shall be chosen so that the prospective value of the peak current, with a tolerance of $(^{+5}_{0}\%)$, flowing in one of the outer phases is 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 A.4.3.1, and so that a major loop also occurs in the other outer phase. If the voltage is lower than the rated voltage, 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.

A.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 $\pm 10\%$.

Where the operation of fast-acting protective devices is dependent on the frequency, the test shall be performed with the rated frequency of these devices $\pm 10\%$.

A.4.5 Duration of the test

The test duration shall be stated by the manufacturer. Standard recommended values are 1 s, 0,5 s and 0,1 s.

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.

A.5 Test procedure

A.5.1 Supply circuit

If applicable, the supply circuit shall be three-phase, except for tests on switchgear and controlgear with segregated phases, if no mutual influence between the segregated phase compartments is likely. 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.

NOTE 1 Internal arc faults with a directly grounded neutral are less severe.

When the test is made on part of the switchgear and controlgear where phases are segregated, the supply circuit shall be single-phase, one of the terminals earthed. The test current shall be equal to the three-phase value stated in A.4.3.1.

Care shall be taken in order that the connections do not alter the test conditions.

Feeding direction shall be as follows:

- for a cable 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, if barriers are fitted to create separated busbar compartments between functional units, or through the main switching device located at one end of the switchgear and controlgear, if the busbar compartment is common for the whole switchgear and controlgear;

NOTE 2 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.

A.5.2 Arc initiation

The arc shall be initiated between all the phases by means of a metal wire of about 0,5 mm in diameter or, in the case of segregated phase conductors, between one phase and earth.

The point of initiation shall be located at the furthest accessible point from the supply, within the compartment under test.

In functional units where the live parts are covered by solid insulating material, the arc shall be initiated between two adjacent phases with a current value of 87 % of the rated current or, in the case of segregated phase conductors, between one phase and earth 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.

Except for case b), solid insulation shall not be perforated. The supply circuit shall be three-phase to allow the fault to become three-phase (if applicable).

A.5.2.1 Cable compartments with plug in or site-made solid insulation connections

For cable compartments in which connections are always made with plug-in connectors, screened or not, or site-made solid insulation, the two phases under test shall be fitted with plugs without insulation. The third phase shall be provided with a plug-in connector as can be used in service, able to be energized.

NOTE Experience shows that the fault generally does not evolve towards a three-phase fault; therefore, the choice of the fitting for the third phase is not critical.

In all these cases of phase-to-phase fault, the test current shall be the phase-to-phase fault current of the three-phase supply circuit defined according to A.4.3. That means the actual current value, unless the fault evolves towards a three-phase fault, is reduced to approximately 0,87 % the specified internal arc withstand current.

In solidly earthed networks (non-floating neutral), or in networks with earth-fault protection, the single phase-to-earth short-circuit current, which is generally lower than the possible two-phase fault current, will be switched off rapidly. For switchgear and controlgear, only intended for this restricted use, it is acceptable to test accordingly, instead of the two-phase test described above. The arc will then be ignited as single-phase to ground, provided that the other phases are energized to allow the arc to become three-phase. As the specified internal arc withstand current, the tested single-phase value applies.

A.6 Acceptance criteria

Metal-enclosed switchgear and controlgear is qualified as classification IAC (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) in 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 (refer to item a) of A.3.2), 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 within the time specified for the test.
- Projections of small parts, up to an individual mass of 60 g, are accepted.

Criterion No. 3

Arcing does not cause holes in the accessible sides up to a height of 2 m.

Criterion No. 4

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

Should they start to burn during the test, 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)).

A.7 Test report

The following information shall be given in the test report.

- Rating and 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.
- Arrangement of the test connections.
- Point and method of initiation of the internal 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), side (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 Clause A.6.
- Photographs of the object under test, before and after test.
- Other relevant remarks.

A.8 Designation of IAC classification

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 Clause A.2)
- Test values: test current in kiloamperes (kA), and duration in seconds (s).

This 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 and tested with indicators placed in front, lateral and rear side, is designated as follows:

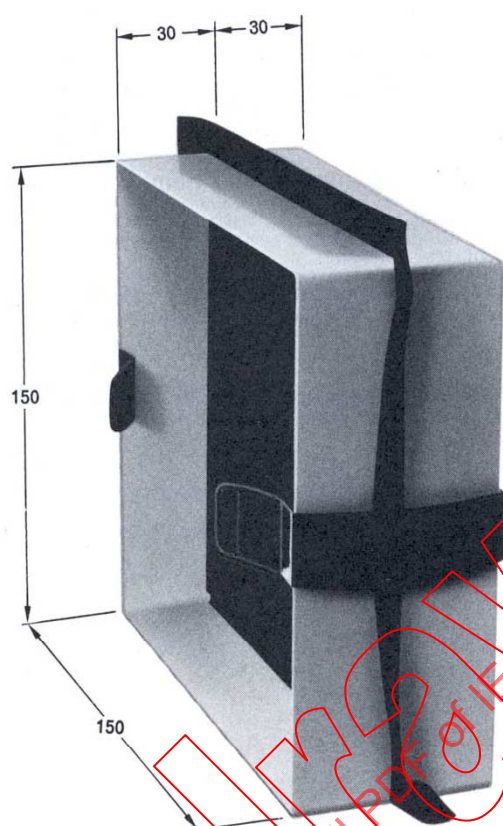
Classification IAC	BFLR
Internal arc	12,5 kA 0,5 s

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:

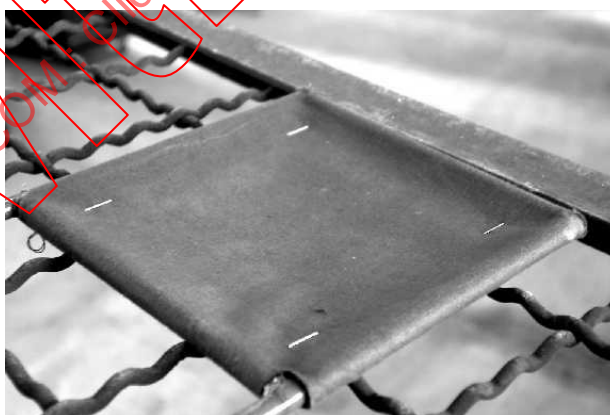
front:	public accessibility
rear:	restricted to operators
lateral:	not accessible

is designated as follows.

classification IAC	BF-AR
internal arc	16 kA 1 s.

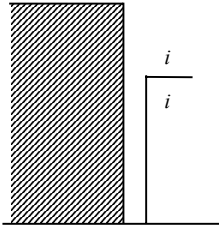
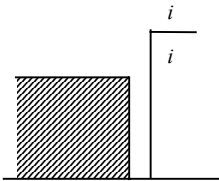
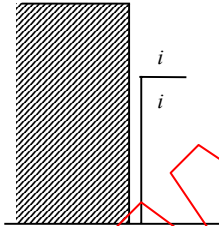
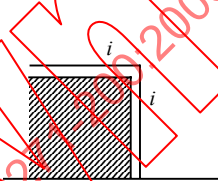


IEC 2471/03

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

IEC 2472/03

Figure A.2 – Horizontal indicator

Accessibility – Type A		Accessibility – Type B	
$h > 2 \text{ m}$	$h < 2 \text{ m}$	$h \leq 2 \text{ m}$	$h < 2 \text{ m}$
			

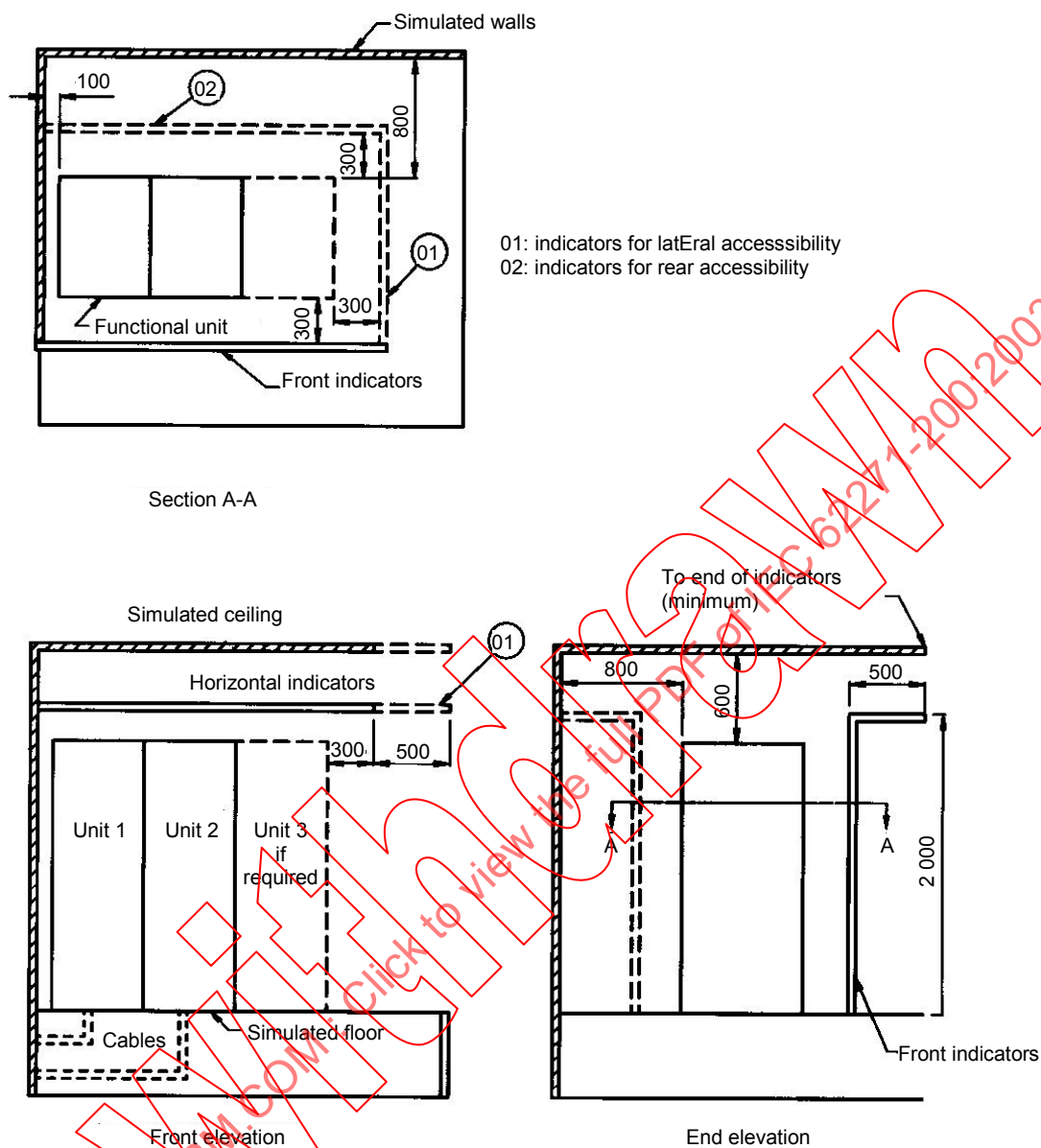
IEC 2473/03

Key

h height of equipment

i position of indicators

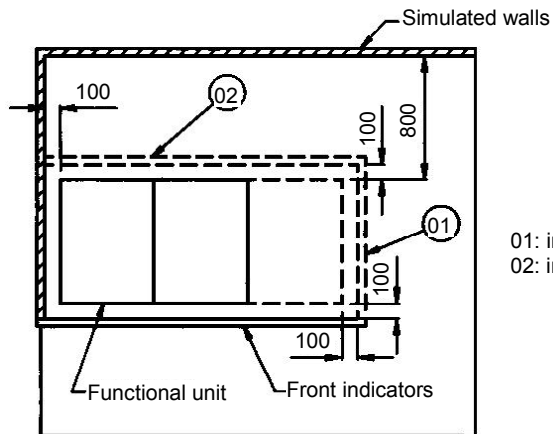
Figure A.3 – Position of the indicators



IEC 2474/03

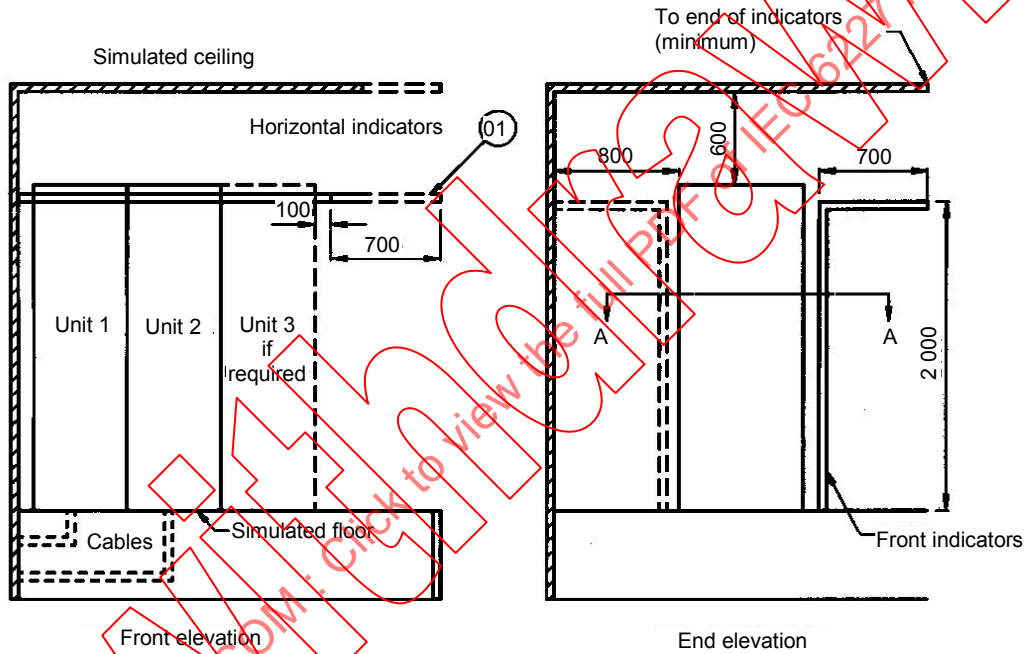
Dimensions in millimetres

Figure A.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, functional unit at or above 1,5 m



01: indicators for lateral accessibility
02: indicators for rear accessibility

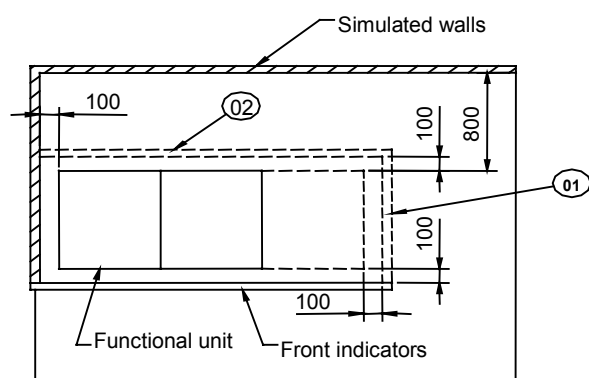
Section A-A



IEC 2475/03

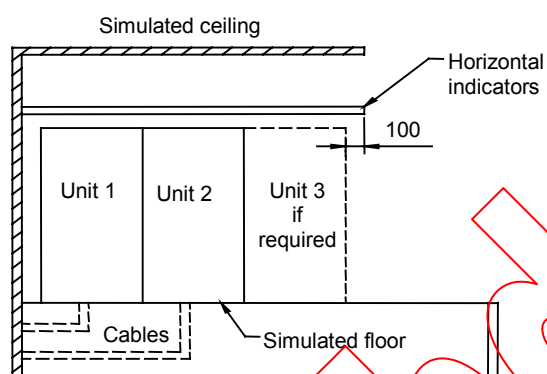
Dimensions in millimetres

Figure A.5 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, functional unit above 2 m high

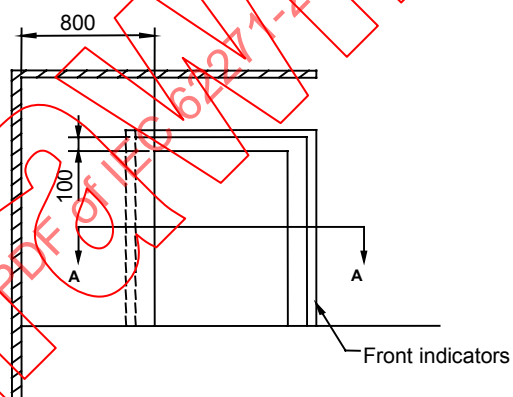


Section A-A

01: indicators for lateral accessibility
02: indicators for rear accessibility



Front elevation

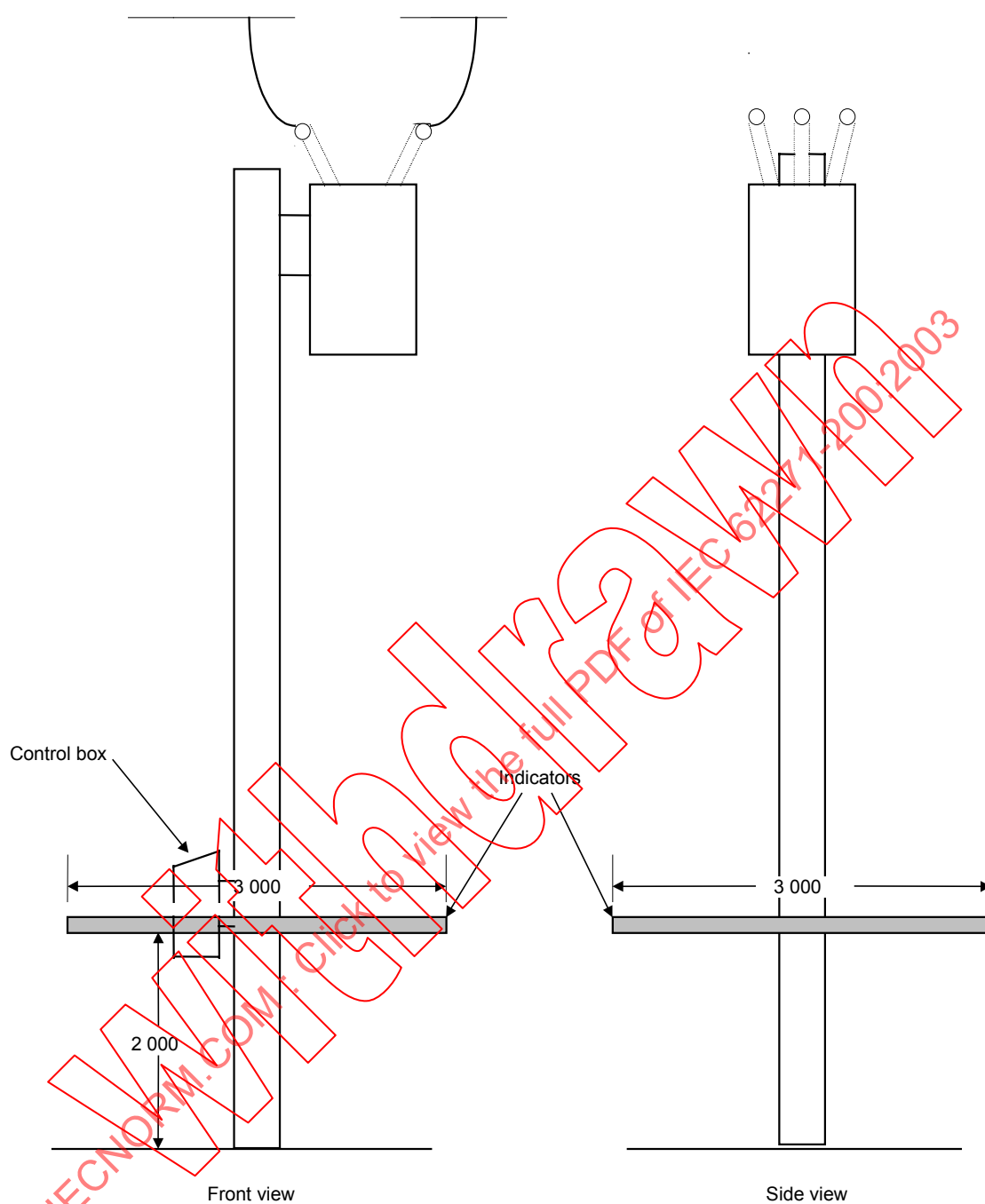


End elevation

IEC 2476/03

Dimensions in millimetres

Figure A.6 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, functional unit below 2 m high



IEC 2477/03

Dimensions in millimetres

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

Annex B (normative)

Partial discharge measurement

B.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.

B.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.

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.

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.

B.3 Test circuits and measuring instruments

If partial discharge tests are performed, they 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 B.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 B.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 B.2).

B.4 Test procedure

The applied power-frequency 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 B.1) and maintained at this value for at least 10 s². Partial discharges occurring during this period shall be disregarded.

² Alternatively, the partial discharge test may be performed while decreasing the voltage after the power-frequency voltage tests.

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 B.1).

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.

B.5 Maximum permissible partial discharge quantity

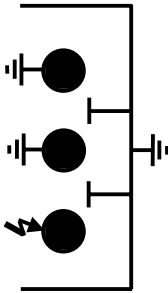
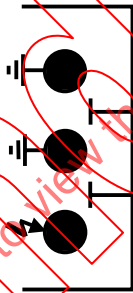
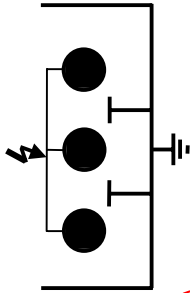
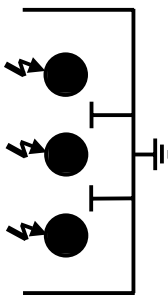
The recommended partial discharge quantity is apparent charge that is expressed usually in picocoulombs (pC).

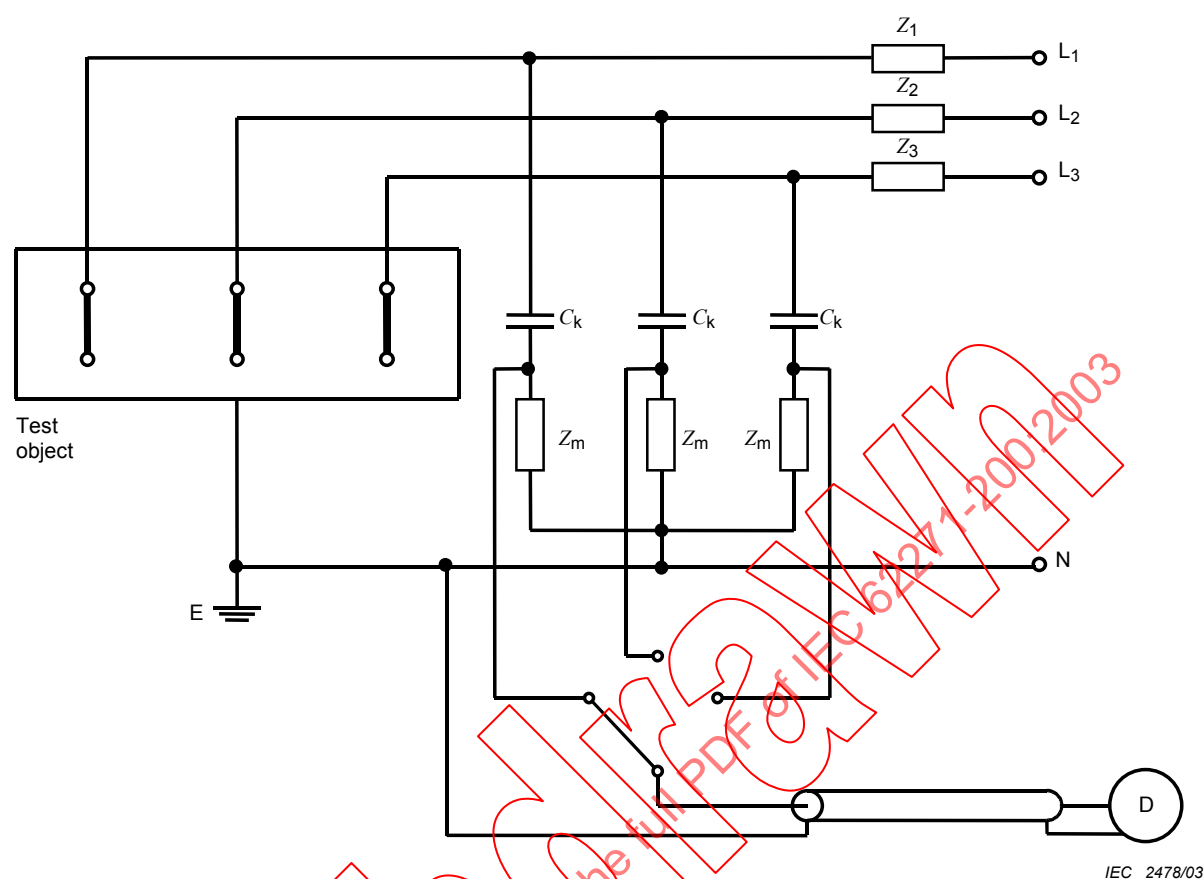
The maximum permissible partial discharge quantity at $1,1 U_r$ and/or $1,1 U_r/\sqrt{3}$ shall be agreed between the manufacturer and the user.

For solid insulation, acceptable limits seem to be 10 pC at $1,1 U_r$ phase-to-phase voltage (at $1,1 U_r/\sqrt{3}$ phase-to-earth voltage) and for systems with no solidly earthed neutral also 100 pC at $1,1 U_r$ phase-to-earth voltage.

NOTE 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.

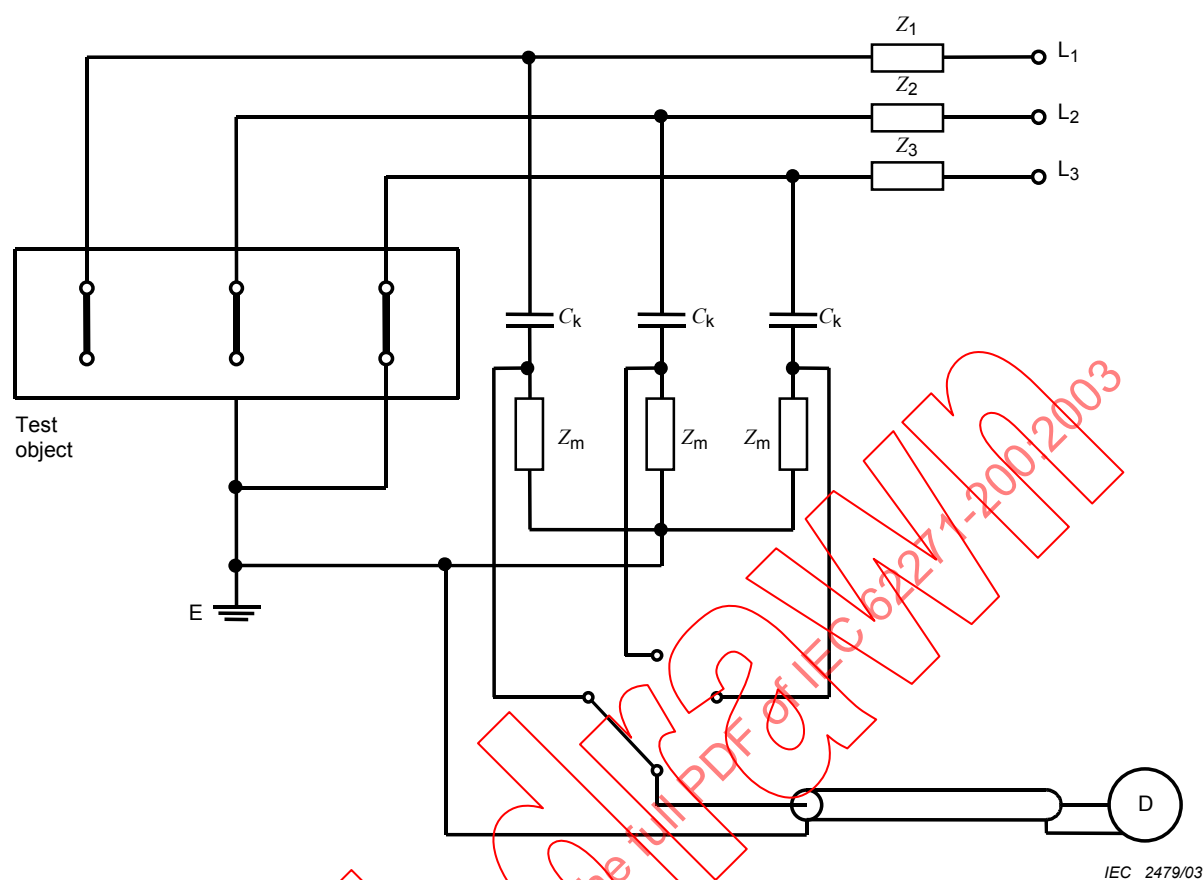
Table B.1 – Test circuits and procedures

	Single-phase testing			Three-phase testing
	Procedure A	Procedure B		
Voltage source connected to	Each phase successively	Each phase successively	Three phases simultaneously	Three phases (Figures B.1 and B2)
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
Minimum prestress voltage	1,3 U_r	1,3 U_r	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^a
Basic diagram				
^a Voltage between phases. ^b Additional test in the case of a system without solidly earthed neutral (for type tests only).				

**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 B.1 – Partial discharge test circuit (three-phase arrangement)



Key

- E earth connection
- L_1, L_2, L_3 terminals for the connection of the three-phase voltage source
- Z_1, Z_2, Z_3 impedances of the test circuit
- C_k coupling capacitor
- Z_m measuring impedance
- D partial-discharge detector

Figure B.2 – Partial-discharge test circuit (system without earthed neutral)

Annex C (informative)

Explanatory notes

C.1 Changes in classifications, compared to the third edition (1990) of IEC 60298

Explanation regarding the changes in classifications, compared to the third edition of IEC 60298 (1990), referred to as “former standard”, and other current practices.

In the third edition of IEC 60298, 3 classes were defined:

- a) metal-clad;
- b) compartmented;
- c) cubicle.

It was considered that these classifications were no longer sufficient for the following main reasons.

- The former standard was written predominately around withdrawable pattern air-insulated enclosures. Modern trends towards fixed pattern and GIS equipment needed to be represented.
- The former standard classified switchgear and controlgear on the basis of three designs, which provided three different levels of functionality, rather than on the basis of the functionality itself.

In this revision, the classification is based on a particular function to do with maintaining customer supply, namely: on the ability to maintain some level of Service Continuity of a switchgear and controlgear whilst a compartment is accessed.

- The class “Cubicle” was found to cover several types of equipment each having a distinct, and current, market need in terms of required level of Service Continuity.
- The class “Cubicle” was found to cover several types of equipment each having a distinct, and current, market need in terms of required level of Service Continuity..

Differences between IEC and IEEE definitions made harmonization difficult.

Table C.1 – Comparison of IEC and IEEE definition of metal-clad

IEC 60298 (1990)	IEEE C 37.20.2
>= 3 compartments	>= 3 compartments
Fixed CB allowed	Only withdrawable CB
Bare conductors allowed	Primary conductors covered by insulating material
	Transformer fuses removable parts
	PTs and CPTs in own compartment
	Main bus barriers (per panel)
CB = circuit-breaker, PT = potential transformer, CT = current transformers, CPT = control power transformers	

The new version addresses these points, being based on functionality rather than on design and construction features.

In particular, a new classification is proposed, based on the ability to maintain some level of Service Continuity of a switchgear and controlgear whilst a compartment is accessed. In addition, a classification related to personnel safety in case of internal arc was introduced. This is summarized in Table C.2.

Table C.2 – Classification related to personnel safety in case of internal arc

Types of compartments with regard to accessibility		Features
Operator-accessible compartment	Interlocked-based accessible compartment Intended to be opened for normal operation and maintenance	No tools for opening – Interlocking allowing access only when HV parts are dead and earthed
	Procedure-based accessible compartment Intended to be opened for normal operation and maintenance	No tools for opening – Provision for locking to be combined with operator procedures, to allow access only when HV parts are dead and earthed
Special accessible compartment	Tool-based accessible compartment Possible for user to open, but not intended to be for normal operation and maintenance	Tools necessary for opening. No specific provision to address access procedure Special procedures may be required to maintain performances
Non-accessible compartment	Not possible for user to open (not intended to be opened)	Opening destroys compartment or clear indication to the user. Accessibility not relevant

Switchgear categories with regard to the loss of service continuity when opening accessible compartments		Features
LSC1		Other functional units or some of them shall be disconnected
LSC2	LSC2A	Other functional units can be energized
	LSC2B	Other functional units and all cable compartments can be energized

Switchgear classification with regard to the nature of the barrier between live parts and opened accessible compartment		Features
PM		Metallic shutters and partition between live parts and open compartment – (metal-enclosed condition maintained)
PI		Insulation-covered discontinuity in the metallic partitions/shutters between live parts and open compartment

Switchgear classification with regard to mechanical, electrical and fire hazards in case of internal arc during normal operation		Features
IAC		No ejection of parts, no ignition of cloths, enclosure remains earthed

In practice, valid Loss of Service Continuity categories of a switchgear and controlgear are: LSC1 , LSC1-PM; LSC1-PI, LSC2A-PM; LSC2A-PI; LSC2B-PM; LSC2B-PI , as detailed below and in the following examples.

- LSC: The LSC stands for level of Loss of Service Continuity when there is an opened main-circuit compartment, i.e. the extent to which busbars/cables may be left energized, but not necessarily with power flowing through them.
- LSC1: The 1 denotes that there is no service continuity at least for one functional unit other than the one containing the opened main circuit compartment.³
- LSC2: The 2 denotes that there is service continuity of all functional units other than the one containing the opened main-circuit compartment. ³
- LSC2A: The A denotes that there is no service continuity of the functional unit containing the opened main-circuit compartment. This class can be achieved with
- a) a partition between each functional unit; and
 - b) with a minimum of two compartments and one point of disconnection per functional unit.
- LSC2B: The B denotes that the service continuity applies to other compartments of the functional unit containing the opened main circuit compartment. This class can be achieved with
- a) a partition between each functional unit;
 - b) a minimum of three compartments and two points of disconnection per functional unit.
- LSC1-PM: The PM denotes that partitions and shutters are metallic.
- LSC2B-PI: The PI denotes that at least one partition or shutter is insulation.

The recommended approach to specify or describe a metal-enclosed switchgear and controlgear according to the standard, should be the top-down approach

Functionality

- Which pattern is needed (type of functions, fixed or removable, architecture and compartments needed, need for maintenance)?

Service continuity and condition for accessibility

- Which compartments need not be opened?
- If any, which compartments must be of the accessible type? (3.107)
- Controlled, procedure or tool-based accessibility needed?
- Service continuity (power flow possible in other functional units when opening a compartment? (category LSC1/2)
- The possibility to keep cables energized? (category LSC2A/B)
- Electrical field gone in opened compartment is needed? (class PM / PI)

³ If it is the busbar compartment, on single busbar equipment, that is opened, then the opened compartment is in all functional units in that section of the busbar.

C.2 ANSI defined metal-clad

Metal-clad switchgear as defined in ANSI is, according to this standard, class LSC2B-PM metal-enclosed switchgear and controlgear characterized by the following main additional requirements.

- The main switching devices are withdrawable parts equipped with self-aligning and self-coupling primary disconnection devices and disconnectable control and auxiliary circuits.
- Separate compartments are provided for voltage transformers and control power transformers. Busbar compartments are additionally divided between horizontally adjacent functional units.
- Specifically included is a metal barrier in front of, or a part of, the withdrawable part to ensure that, when in the connected position, no high-voltage parts are exposed by the opening of a door.
- Main-circuit conductors and connections are shrouded with flame-resistant insulating material throughout.
- Mechanical interlocks are provided for protecting operators from the accidental discharge of stored energy from withdrawable parts by any of the following means.
 - a) Interlocks in the compartment to prevent the complete withdrawal of the switching device from the compartment when the stored energy mechanism is charged.
 - b) A suitable device provided to prevent the complete withdrawal of the switching device until the closing function is blocked.
 - c) A mechanism provided to automatically discharge the stored energy before or during the process of withdrawing the switching device from the compartment. If the stored energy is discharged before the switching device is moved from the connected position, an adjunct electrical interlock is required to prevent stored energy recharge.
- Locking means is provided to prevent moving the withdrawable switching device into the connected position.
- Segregation of auxiliary circuits is by earthed metal barriers from all high-voltage parts with the exception of short lengths of wire, such as at instrument transformer terminals.
- Main circuits of all voltage transformers include current-limiting fuses. Main circuit fuses provided for protecting transformers are mounted in such a way that they must be disconnected from the high-voltage circuit before access can be obtained. Provisions are made for disconnecting or automatically earthing the low-voltage circuit of voltage transformers when the high-voltage circuit is disconnected. Provisions are made for earthing of the high-voltage winding and/or fuses during the disconnection operation to dissipate static charges.

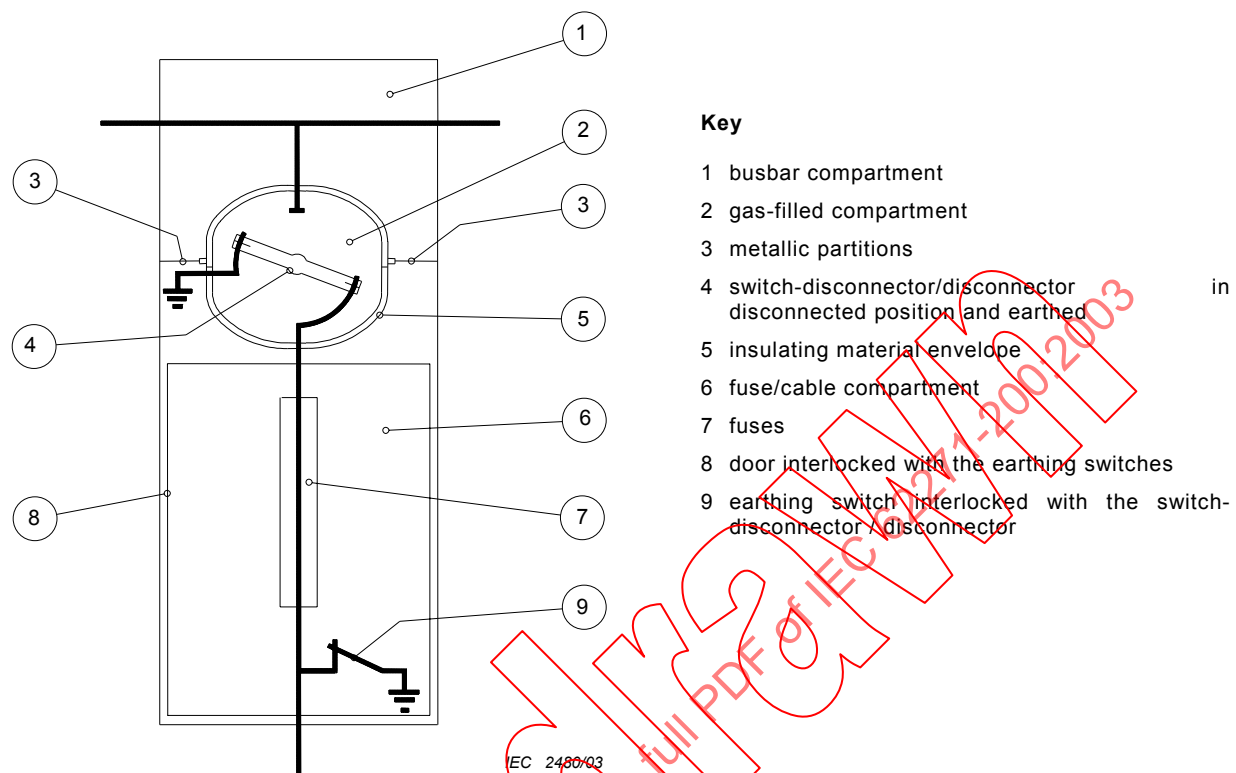
C.3 Former IEC defined metal-clad in terms of IEC 62271-200 definitions

For the following commonly used designs, providing that relevant features and requirements are fulfilled, the former classifications can be related to the new ones.

- Former IEC metal-clad with withdrawable circuit-breaker and metallic shutters is now LSC2B-PM.
- Former IEC metal-clad with withdrawable circuit-breaker and insulation shutters is now LSC2B-PI.
- Former IEC compartmented with withdrawable circuit-breaker is now LSC2B-PI.

Other former IEC compartmented or cubicle is either LSC1; LSC2A-PI or LSC2B-PI depending on construction details.

C.4 Example of modular fuse-switch type



List of compartment	Busbar compartment	Fuses/cable	Switch
Pattern Fixed/ withdrawable	Fixed	Fixed	Fixed
Type of access Interlocked-controlled Procedure-based Tool-based Non-accessible	Tool based	Interlocked	Non-accessible

There is a need to access the fuse/cable compartment for normal operation and maintenance (i.e. change fuse link) so it shall be an interlock or procedure-based accessible compartment. In this example, it is interlock-based.

		Part of the switchgear and controlgear that can be left energized	
		Cable corresponding to the functional unit	All other functional units
Compartment to be opened	Fuse/cable	No	Yes
	Busbar	Not relevant: single busbar equipment (see 3.131.1)	Not relevant: single busbar equipment (see 3.131.1)
	Switch	Not relevant: non-accessible	Not relevant: non-accessible

When opening the fuse/cable compartment of a functional unit, all other functional units can remain energized, and continuity is provided. However, the cable corresponding to the fuse compartment cannot remain energized.

There is a discontinuity in the metallic partitioning between the opened fuse/cable compartment and live busbars, i.e. the insulating partition of the switch compartment.

The new classification is LSC2A- PI; the former classification was compartmented.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-200:2003

Withdrawn

Bibliography

The following publications are listed in this standard for information.

IEC 60137:1995, *Insulating bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60517:1990 *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*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)*

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*

IEEE C 37.20.7:2001, *IEEE Guide for Testing Medium-Voltage Metal-Enclosed Switchgear for Internal Arcing Faults*

⁴ This publication is under revision and will be replaced with 62271-203 as soon as available.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	89
1 Généralités	93
1.1 Domaine d'application	93
1.2 Références normatives	94
2 Conditions de service normales et spéciales	95
3 Termes et définitions	95
4 Caractéristiques assignées	101
4.1 Tension assignée (U_r)	101
4.2 Niveau d'isolement assigné	101
4.3 Fréquence assignée (f_r)	101
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	101
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	102
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	102
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	102
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	102
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	102
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolation et/ou la manœuvre	102
5 Conception et construction	103
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	103
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	103
5.3 Mise à la terre	103
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	105
5.5 Manœuvre à source d'énergie extérieure	105
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	105
5.7 Manœuvre manuelle indépendante	105
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	105
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	105
5.10 Plaques signalétiques	105
5.11 Verrouillages	106
5.12 Indicateur de position	107
5.13 Degrés de protection procuré par les enveloppes	107
5.14 Lignes de fuite	107
5.15 Etanchéité au gaz et au vide	107
5.16 Etanchéité au liquide	108
5.17 Ininflammabilité	108
5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)	108
6 Essais de type	114
6.1 Généralités	114
6.2 Essais diélectriques	116
6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique	119
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal	120
6.5 Essais d'échauffement	120
6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	121

6.7	Vérification de la protection	123
6.8	Essais d'étanchéité	123
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	123
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de contrôle	123
7	Essais individuels de série	127
7.1	Essais diélectriques du circuit principal	128
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande	128
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	128
7.4	Essais d'étanchéité	128
7.5	Contrôles visuels et du modèle	128
8	Guide pour le choix de l'appareillage sous enveloppe métallique selon le service	130
8.1	Choix des valeurs assignées	130
8.2	Choix du modèle et de sa construction	130
8.3	Classe de tenue à l'arc interne	133
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	137
10	Règles pour le transport, le stockage, le montage, l'installation, la manoeuvre et la maintenance	139
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	139
10.2	Installation	139
10.3	Fonctionnement	139
10.4	Maintenance	139
11	Sûreté	140
Annexe A (normative) Défaut interne – Méthode pour essayer l'appareillage sous enveloppe métallique dans des conditions d'arc du à un défaut interne		141
A.1	Introduction	141
A.2	Classes d'accessibilité	142
A.3	Montage d'essai	142
A.4	Courant et tension appliqués	146
A.5	Procédure d'essai	147
A.6	Critères d'acceptation	148
A.7	Rapport d'essai	149
A.8	Désignation de la classification IAC	150
Annexe B (normative) Mesure des décharges partielles		157
B.1	Généralités	157
B.2	Conditions d'application	157
B.3	Circuits d'essai et instruments de mesure	158
B.4	Méthode d'essai	158
B.5	Intensité maximale admissible des décharges partielles	159
Annexe C (informative) Notes explicatives		163
C.1	Changements dans les classifications, comparées à la troisième édition (1990) de la CEI 60298	163
C.2	Appareillage blindé «ANSI»	166

C.3 Ancien «blindé» défini par la CEI dans les termes de la CEI 62271-200	166
C.4 Exemple d'un interrupteur-fusible en solution modulaire:.....	167
Bibliographie	167
Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux	151
Figure A.2 – Indicateur horizontal	151
Figure A.3 – Position des indicateurs	152
Figure A.4 – Simulation du local et position des indicateurs pour Classe d'accessibilité A, équipement à 1,5 m ou plus.....	153
Figure A.5 – Simulation du local et position des indicateurs pour Classe d'accessibilité B, équipement de plus de 2 m de haut	154
Figure A.6 – Simulation du local et position des indicateurs pour Classe d'accessibilité B, équipement de moins de 2 m de haut	155
Figure A.7 – Montage d'essai pour un appareillage monté sur poteau connecté à une ligne aérienne.....	156
Figure B.1 – Circuit d'essai de décharges partielles (montage triphasé)	161
Figure B.2 – Circuit d'essai de décharges partielles (système sans mise à la terre du neutre)	162
Tableau 1 – Information pour la plaque signalétique.....	105
Tableau 2 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut interne.....	134
Tableau 3 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe	135
Table B.1 – Circuits et méthodes d'essais.....	160
Tableau C.1 – Comparaison CEI et IEEE, définition du blindé	163
Tableau C.2 – Classification relative à la sécurité des personnes en cas de défaut interne.....	164

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Cette première édition de la CEI 62271-200 annule et remplace la troisième édition de la CEI 60298 parue en 1990 dont elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à la troisième édition de la CEI 60298:

Le fondement des modifications de ce document révisé consiste en la prise en compte du mode d'utilisation actuel de l'appareillage haute tension de moins de 52 kV. Les changements principaux sont les nouvelles définitions et la classification des équipements, l'introduction d'une classification arc interne (IAC) avec les essais correspondants.

Cette norme doit être lue avec la CEI 60694¹ parue en 1996. La numérotation des articles suit celle de cette norme. Les paragraphes supplémentaires, qui traitent d'articles ou de paragraphes particuliers de la CEI 60694, sont numérotés 101, 102, etc.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/311/FDIS	17C/315/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.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2009. A cette date, la publication sera

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

¹ La CEI 60694 (1996) sera remplacée par la CEI 62271-1 dès qu'elle sera disponible.

NUMÉROTATION COMMUNE DES PUBLICATIONS TOMBANT SOUS LA RESPONSABILITÉ DU SC 17A ET DU SC 17C

En accord avec la décision prise lors du meeting commun des SC 17A et SC 17C à Frankfurt (article 20.7 de 17A/535/RM), un système commun de numérotation a été établi pour les publications tombant sous la responsabilité du SC 17A et du SC 17C. La CEI 62271 avec le titre «*Appareillage à haute tension*» constitue la base de la publication commune.

La numérotation de ces publications suivra le principe suivant:

- a) les normes communes préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-1;
- b) les normes du SC 17A commenceront avec la CEI 62271-100;
- c) les normes du SC 17C commenceront avec la CEI 62271-200;
- d) les publications préparées par le SC 17A et le SC 17C commenceront avec la CEI 62271-300.

Le tableau ci-dessous met en évidence les nouveaux numéros par rapport aux anciens. Les parties numérotées (xxx) auront un numéro final selon la décision de les publier en tant que norme ou en tant que rapport technique.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-200:2003

Withdrawal

**Numérotation commune des publications CEI 62271 tombant sous
la responsabilité du SC 17A et du SC 17C**

Série CEI 62271	APPAREILLAGE À HAUTE TENSION	Ancien numéro CEI, le cas échéant
Partie	Titre	
1	Spécifications communes	IEC 60694
2	Qualification sismique pour tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV	-
100	Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension	IEC 60056
101	Essais synthétiques	IEC 60427
102	Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif	IEC 60129
103	Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV	IEC 60265-1
104	Interrupteurs pour tensions assignées égales ou supérieures à 52 kV	IEC 60265-2
105	Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif	IEC 60420
106	Contacteurs et démarreurs de moteurs à courant alternatif	IEC 60470
107	Combinés appareillage-fusibles à courant alternatif	-
108	Appareillage à fonctions combinées	-
109	Interrupteur de shuntage pour condensateurs série	-
200	Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV	IEC 60298
201	Appareillage sous enveloppe isolante de tensions assignées inférieures ou égales à 38 kV	IEC 60466
202	Postes préfabriqués haute tension/basse tension	IEC 61330
203	Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV	IEC 60517
204	Lignes de transport hautes tensions de tensions assignées supérieures ou égales à 72,5 kV	IEC 61640
(300)	Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à haute tension à courant alternatif	IEC 61166
(301)	Guide pour l'établissement et la coupure de charge inductive	IEC 61233
(302)	Guide pour la procédure d'essai d'établissement et de coupure de courants de court-circuit et de courants de charge pour les disjoncteurs sous enveloppe métallique et à cuve mise à la terre	IEC 61633
(303)	Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF ₆) dans l'appareillage à haute tension	IEC 61634
(304)	Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères	IEC 60932
(305)	Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 60859
(306)	Raccordements directs entre transformateurs de puissance et appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV	IEC 61639
(307)	Utilisation de l'électronique et des technologies associées dans les équipements auxiliaires de l'appareillage	IEC 62063
308	Guide pour la séquence d'essais T100a de coupure de courants de court-circuit asymétriques	-
309	Paramètres des TTR pour l'appareillage à haute tension de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 100 kV	-
310	Essais d'endurance électrique pour les disjoncteurs de tension assignées égales ou supérieures à 72,5 kV	-

APPAREILLAGE A 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 Bien que principalement dédiée aux systèmes triphasés, cette norme peut s'appliquer également aux systèmes monophasés et biphasés.

Cette norme définit plusieurs types d'appareillage sous enveloppe métallique qui diffèrent par

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

NOTE 2 La sécurité des installations est le résultat de la conception, de la mise en œuvre et de la coordination des produits, installations et utilisation.

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

NOTE 3 Il convient de concevoir et de tester les compartiments à remplissage de gaz dont la pression de calcul dépasse 300 kPa (pression relative) selon la CEI 60517.

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 essayés suivant leurs différentes normes respectives. La présente norme complète les normes des matériels spécifiques, concernant leur installation dans les ensembles d'appareillage.

Cette 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 4 Les ensembles d'appareillage ayant une enveloppe isolante relèvent de la CEI 60466.

NOTE 5 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 60694.

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):2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

CEI 60060-1:1989, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescription générales relatives aux essais*

CEI 60243-1:1998, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants: – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

CEI 60265-1:1998, *Interrupteur à haute tension – Partie 1: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV*

CEI 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60466:1987, *Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure à 38 kV*

CEI 60470:2000, *Contacteurs pour courant alternatif haute tension et démarreurs de moteurs à contacteurs*

CEI 60480:1974, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique*

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

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60909-0:2001, *Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 0: Calcul des courants*

CEI 60932:1988, *Spécifications complémentaires pour l'appareillage sous enveloppe de 1kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères*

CEI 61634:1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

CEI 62271-100:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 62271-102:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif (disponible en anglais seulement)*

IEC 62271-105:2002, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif*

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

2 Conditions de service normales et spéciales

L'Article 2 de la CEI 60694 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.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les définitions suivantes ainsi que les définitions de la CEI 60050(441), de la CEI 60050(151) et de la CEI 60694 s'appliquent, sauf indication contraire. Certaines de ces définitions sont rappelées ici pour faciliter les références.

Les définitions additionnelles ont été 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

[VEI 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

[VEI 441-12-04 modifié]

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

[VEI 441-13-04 modifié]

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

appareillage à niveau multiples

deux unités fonctionnelles ou plus, arrangées verticalement dans une enveloppe unique

3.105

unité de transport

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique 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

[VEI 441-13-01, modifié]

3.107

compartiment

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique fermée à l'exception des ouvertures nécessaires à l'interconnexion, à la commande ou à la ventilation

[VEI 441-13-05 modifié]

Quatre types de compartiments 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 Les compartiments sont identifiés par le composant principal qu'ils contiennent (voir 5.103.1)

3.107.1

compartiment accessible contrôlé par verrouillage

compartiment contenant des parties à haute tension, et qui est destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normale, telle que définie 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 contenant des parties à haute tension, et qui est destiné à être ouvert pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normale, telle que définie 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 contenant des parties à haute tension, et qui peut être ouvert mais pas pour l'utilisation et/ou pour la maintenance normale. Des procédures spéciales sont exigées. Un outillage est nécessaire pour l'ouverture

3.107.4

compartiment non accessible

compartiment contenant des parties à haute tension, et qu'il ne faut pas ouvrir. L'ouverture peut détruire l'intégrité du compartiment. L'indication de ne pas ouvrir est donnée clairement sur/par le compartiment

3.108

cloison

partie d'un appareillage sous enveloppe métallique séparant un compartiment des autres compartiments

[VEI 441-13-06, modifié]

3.109

classe des cloisons

classe définissant si des matériaux métalliques ou non métalliques sont utilisés pour séparer des parties sous tension

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) métalliques, destinés à être mis à la terre, en continu entre les compartiments accessibles ouverts et les parties du circuit principal sous tension

3.109.2**appareillage de Classe PI**

appareillage de sous enveloppe métallique dans lequel il y a une ou plusieurs cloisons ou volets non métalliques entre les compartiments accessibles ouverts et les parties du circuit principal sous tension

3.110**volet**

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

[VEI 441-13-07, modifié]

3.111**cloisonnement métallique (entre conducteurs)**

disposition de conducteurs avec interposition des éléments métalliques mis à la terre de telle sorte que des décharges disruptives ne puissent s'écouler qu'à la terre

[VEI 441-11-11]

NOTE 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.

3.112**traversée**

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

3.113**matériel**

partie essentielle du circuit principal 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, barre omnibus.)

3.114**circuit principal (d'un ensemble)**

toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique comprises dans un circuit destiné à transporter l'énergie électrique

[VEI 441-13-02, modifié]

3.115**circuit de terre**

connexion de chaque dispositifs de mise à la terre ou points prévus à fin de mise à la terre vers la borne destinée à être raccordée à la prise de terre de l'installation

3.116**circuit auxiliaire**

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

[VEI 441-13-03, modifié]

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 rempli de fluide

3.118

compartiment à remplissage de fluide

compartiment 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 3.6.5.1 de la CEI 60694.

3.118.2

compartiment à remplissage de liquide

compartiment 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.

Pour les systèmes à pression, voir 3.6.4 de la CEI 60694

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 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 retenue pour la conception d'un compartiment à remplissage de gaz ou d'un compartiment de 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

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

[VEI 441-13-09, modifié]

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

[VEI 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

[VEI 441-16-26, modifié]

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 auxiliaires sont raccordés

[VEI 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

[VEI 441-16-28, modifié]

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

[VEI 441-16-29, modifié]

3.131**catégorie de perte de continuité de service (LSC)**

catégories définissant les possibilités de maintenir sous tension d'autres compartiments ou unités fonctionnelles quand un compartiment du circuit principal est ouvert.

NOTE 1 La catégorie LSC décrit dans quelle mesure l'appareillage peut rester opérationnel dans le cas où l'accès au circuit principal est nécessaire. Le niveau jugé nécessaire pour l'ouverture d'un compartiment du circuit principal avec l'installation sous tension peut dépendre de plusieurs aspects (voir 8.2)

NOTE 2 La catégorie LSC ne décrit pas de classement de l'appareillage selon la fiabilité (voir 8.2)

3.131.1

appareillage de catégorie LSC2

appareillage qui comporte d'autres compartiments que le compartiment jeu de barres pour l'appareillage à simple jeu de barres

Appareillage sous enveloppe métallique pour lequel, quand un compartiment est ouvert dans une unité fonctionnelle, toutes les autres unités fonctionnelles peuvent être maintenues sous tension et utilisées normalement. Une exception est faite pour le cas du compartiment jeu de barres des appareillages à simple jeu de barres, qui, quand il est ouvert, empêche toute continuité de service.

On distingue deux sous-catégories:

LSC2B: appareillage de catégorie LSC2 dans lequel le compartiment câble correspondant à l'unité fonctionnelle ayant un compartiment ouvert, peut rester sous tension

LSC2A: appareillage de catégorie LSC2 autre que LSC2B

3.131.2

appareillage de catégorie LSC1

appareillage sous enveloppe métallique autre que de catégorie LSC2

3.132

appareillage de classe arc interne (IAC)

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

NOTE Voir l'Annexe A pour plus d'information.

3.133

degré de protection

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

(voir 3.3 de la CEI 60529)

3.134

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié de l'appareillage sous enveloppe métallique

[VEI 151-16-08, modifié]

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

3.135

décharge disruptive

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

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

NOTE 2 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation 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) (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- f) valeur de crête du courant admissible assigné (I_p), si applicable (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);
- g) durée de court-circuit assignée (t_k) (pour les circuits principaux et de terre);
- h) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire;
- i) niveau de remplissage assigné (des compartiments à remplissage de fluide).

4.1 Tension assignée (U_r)

Les paragraphes 4.1 et 4.1.1 de la CEI 60694 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 60694 est applicable

4.3 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 4.3 de la CEI 60694 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 60694 est applicable avant le complément suivant:

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

4.4.2 Echauffement

Le paragraphe 4.4.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

L'échauffement des matériels contenus dans l'appareillage qui font l'objet de normes hors du domaine d'application de la CEI 60694 ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par la norme correspondant à ces matériels.

Les valeurs maximales 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 ou 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, si elles ne sont pas accessibles au public.

4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 4.5 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Une valeur de courant de courte durée admissible assigné doit aussi être définie pour le circuit de terre. Cette valeur peut être différente de celle du circuit principal.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 4.6 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Une valeur de crête du courant admissible assigné doit aussi être définie pour le circuit de terre. Cette valeur peut être différente de celle du circuit principal.

NOTE En principe le courant de courte durée admissible assigné et la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peuvent pas excéder les valeurs assignées correspondantes du matériel en série dans le circuit qui présente les plus faibles caractéristiques. Mais dans chaque circuit ou chaque compartiment, 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.

4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 4.7 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Une valeur de durée de court-circuit assigné doit aussi être définie pour le circuit de terre. 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 60694 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 60694 est applicable.

4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolation et/ou la manœuvre

Le paragraphe 4.10 de la CEI 60694 est applicable.

4.10.1 Niveau de remplissage assigné (des compartiments à remplissage de fluide)

Pression (pression relative) en Pa (ou densité) ou masse de liquide assignée par le constructeur, rapportée aux conditions de l'air atmosphérique à 20 °C, à laquelle les compartiments à remplissage de gaz ou de liquide sont remplis avant mise en service.

5 Conception et construction

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être construit de telle façon que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance, la vérification de la présence ou de l'absence de tension du circuit principal, comprenant la vérification habituelle de l'ordre de succession des phases, la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais diélectriques des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses, puissent être effectuées sans risque pour le personnel.

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

Les parties amovibles ou les matériels de courant et d'isolation assignés supérieur ou égal peuvent être installés en lieu et place de parties amovibles ou les matériels de courant et d'isolation assignés inférieur ou égal si la conception des parties amovibles, des matériels et des compartiments permet interchangeabilité mécanique. Ceci ne s'applique généralement pas aux composants limiteurs de courant.

NOTE L'installation de parties amovibles ou de matériels de courant et d'isolation assignés supérieurs 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, le constructeur de l'appareillage peut fixer le courant de court-circuit avec fusible.

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.1 de la CEI 60694 est applicable.

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 5.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

L'hexafluorure de soufre (SF_6) conforme à la CEI 60480 peut être utilisée.

NOTE Pour la manipulation de SF_6 , voir la CEI 61634

5.3 Mise à la terre

Les courants de court-circuit assignés à appliquer au circuit de terre dépendent du régime de neutre du système auquel il est destiné.

NOTE 1 Pour les systèmes ayant le neutre raccordé directement à la terre, le courant de court-circuit maximal peut atteindre le courant de courte durée admissible du circuit principal.

NOTE 2 Pour les systèmes autres que ceux ayant le neutre directement à la terre, le courant de courte durée maximal du circuit de terre peut atteindre 0,87 % du courant de courte durée admissible du circuit principal (court-circuit correspondant au défaut biphasé à la terre).

Le circuit de mise à la terre est normalement conçu pour supporter un seul court-circuit.

5.3.1 Mise à la terre du circuit principal

Pour assurer la sécurité lors des travaux de maintenance, toutes les parties du circuit principal auxquelles il est nécessaire ou prévu d'accéder doivent pouvoir être mises à la terre avant qu'il ne soit possible d'y accéder. Cela ne s'applique pas aux parties amovibles après qu'elles ont été séparées de l'appareillage.

5.3.2 Mise à la terre de l'enveloppe

Le paragraphe 5.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Les unités de transport fabriquées en usine doivent être inter-raccordées au cours de l'installation finale, par un conducteur de terre. Cette 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 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.

La densité du courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne doit pas dépasser, 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. Toutefois, la section de ce conducteur doit être d'au moins 30 mm². Il doit être terminé par une borne appropriée, destinée au raccordement au réseau de terre de l'installation. Si le conducteur de terre n'est pas en cuivre, il doit présenter des caractéristiques mécaniques et thermiques équivalentes.

NOTE 2 Afin de servir de guide, voir la méthode de calcul des sections de conducteurs donnée dans la CEI 60724.

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

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 boutonnage ou soudage). Les portes des compartiments à haute tension doivent être reliées au cadre par des moyens appropriés.

NOTE 3 Le paragraphe 5.102 traite de l'enveloppe et des portes.

5.3.3 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.

5.3.4 Mise à la terre des parties débrochables et amovibles

Les parties métalliques des parties débrochables normalement mise à la terre doivent rester raccordées à la terre dans les positions de test et débrochée, 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 (4.5, 4.6 et 4.7).

5.4 Equipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.4 de la CEI 60694 est applicable.

5.5 Manœuvre à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 5.5 de la CEI 60694 est applicable.

5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 5.6 de la CEI 60694 est applicable.

5.7 Manœuvre manuelle indépendante

Le paragraphe 5.7 de la CEI 60694 est applicable.

5.8 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 5.8 de la CEI 60694 est applicable.

5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression

Le paragraphe 5.9 de la CEI 60694 est applicable.

5.10 Plaques signalétiques

Le paragraphe 5.10 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être muni de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements selon le Tableau 1.

Tableau 1 – 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	
Courant assigné en service continu	I_r	A	X	

	Abréviation	Unité	**	Condition: Marquage exigé seulement si
Courant de courte durée admissible assigné (pour les circuits principaux et auxiliaire)	I_k	kA	X	
Valeur de crête du courant admissible assigné (pour les circuits principaux et auxiliaire)	I_p	kA	Y	Différent de 2,5 pour 50Hz et 2,6 pour 60 Hz
Durée admissible assignée du courant de court-circuit (pour les circuits principaux et auxiliaire)	t_k	s	X	
Niveau assigné de remplissage pour l'isolation	p_{re}	Pa ou kg	(X)	
Niveau d'alarme pour l'isolation	p_{am}	Pa ou kg	(X)	
Niveau minimal de fonctionnement pour l'isolation	p_{me}	Pa ou kg	(X)	
Fluide d'isolation et masse		kg	(X)	
Classification arc interne	IAC		(X)	
Type d'accessibilité (code)		A(F, L, R), B(F, L, R), ou C	(X)	
Courant d'essai d'arc		kA	(X)	
Durée du courant pour l'essai d'arc		s	(X)	
(**) 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.				

La plaque signalétique de chaque unité fonctionnelle doit être lisible 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 Verrouillages

Le paragraphe 5.11 de la CEI 60694 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 le service. Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux.

a) Appareillage sous enveloppe métallique contenant des parties amovibles

Le débrogage ou l'embrochage d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur n'est possible que si ceux-ci se trouvent dans la position d'ouverture.

La manœuvre d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur n'est 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 empêche 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 ne comportant pas de parties amovibles, mais muni 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 61271-102). 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 à 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 n'est 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 être l'objet d'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 interrupteurs de terre ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné au circuit 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 interrupteur de terre, l'interrupteur 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 Un sectionneur dans la position de mise à la terre peut être utilisé en lieu et place d'un interrupteur de mise à la terre.

Dans le cas de verrouillages non mécaniques, la conception doit être telle qu'aucune situation inadéquate ne puisse arriver en cas d'absence de tension auxiliaire. Cependant, pour des commandes d'urgence, il est admis que des dispositifs complémentaires soient disponibles 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 60694 est applicable.

5.13 Degrés de protection procuré par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 60694 est applicable.

5.14 Lignes de fuite

Le paragraphe 5.14 de la CEI 60694 est applicable.

5.15 Etanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 5.15 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Voir 5.103.2.3.

5.16 Etanchéité au liquide

Le paragraphe 5.16 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Voir 5.103.2.3.

5.17 Ininflammabilité

Le paragraphe 5.17 de la CEI 60694 est applicable.

5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 5.18 de la CEI 60694 est applicable.

5.101 Défaut interne

L'appareillage sous enveloppe métallique qui satisfait aux exigences de cette norme, est conçu et construit, en principe, pour éviter les défauts internes.

L'utilisateur doit le sélectionner de manière appropriée, selon les caractéristiques du réseau, les procédures d'exploitation et de service, voir 8.3.

Si l'appareillage est installé, exploité et maintenu selon les instructions du constructeur, la probabilité d'arc interne pendant l'entière durée de vie est minime, mais ne peut être complètement négligée.

Une défaillance à l'intérieur d'un appareillage sous enveloppe métallique, dû soit à un défaut soit à des conditions de service anormales ou à une mauvaise exploitation peut générer un arc interne, qui représente un risque si des personnes sont présentes.

L'expérience montre que la probabilité de défauts est plus grande en certains endroits à l'intérieur de l'enveloppe que dans d'autres. Le Tableau 2 de l'Article 8 donne une liste de ces localisations, origines des défaillances et les mesures envisageables pour réduire la probabilité de défauts internes.

D'autres mesures peuvent être adoptées pour fournir le niveau de protection des personnes le plus élevé en cas d'arc interne. Ces mesures ont pour but de limiter les manifestations extérieures de tels événements.

Voici ci-dessous quelques exemples de ces mesures:

- élimination de défaut rapide initiée par des détecteurs sensibles à la lumière, la pression ou la chaleur, ou par des protections différentielles de jeu de barres;
- utilisation de fusibles appropriés en combinaison avec l'appareillage de coupure pour limiter le courant atteint et la durée du défaut;
- élimination rapide de l'arc en le commutant sur un court-circuit métallique par le biais de capteurs rapides et d'appareils de fermeture rapide (suppresseur d'arc);
- commande à distance;
- dispositif de décharge de pression;
- déplacement d'une partie débrochable de ou vers sa position de service seulement avec la porte de devant fermée.

L'efficacité de la conception pour fournir le niveau de protection des personnes prescrit en cas d'arc interne, peut être vérifiée par les essais selon l'Annexe A. Les conceptions qui passent avec succès les essais sont qualifiées Classe IAC

5.102 Enveloppe

5.102.1 Généralités

Les enveloppes doivent être métalliques. Des parties extérieures de l'appareillage peuvent être isolantes, pourvu que des parois ou volets métalliques prévus pour être mis à la terre entourent complètement les parties HT. Ceci ne s'applique pas aux regards conformes à 5.102.4. Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique est installé, l'enveloppe doit procurer le degré de protection IP2X (ou supérieur) spécifié au Tableau 6 de la CEI 60694. Elle doit aussi assurer une protection conforme aux conditions suivantes.

Les parties métalliques 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. La surface d'assise, même non métallique, 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.

Les murs d'un local ne sont pas considérés comme faisant partie de l'enveloppe.

Les parties de l'enveloppe qui limitent des compartiments 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 conçus normalement pour supporter le poids d'une personne ou de matériel supplémentaires 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 sécurisée, par exemple panneau de décharge de pression, 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 HT soient entourées de parois 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 des gaz sont prévus dans les capots ou les portes, référence est faite en 5.102.4/5.

On distingue plusieurs catégories de capots ou de portes selon le type de compartiments accessibles auxquels ils donnent accès:

a) capots ou portes donnant accès à des compartiment accessible par outillage

Ces capots ou portes n'ont pas à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation ou d'entretien (capots fixes). Ils ne peuvent pas 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'apporter une certaine attention aux besoins d'absence de tension/courant dans le circuit principal pour les manœuvres de l'appareillage de coupure (le cas échéant) quand les opérations de maintenance se font portes ou capots ouverts.

b) Compartiment accessible contrôlé par verrouillage ou selon procédure

Ces capots ou portes doivent être fournis s'il est besoin d'accéder aux compartiments pour l'usage ou la maintenance normale tels que définis par le constructeur. Ces capots ou portes ne doivent pas nécessiter d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement et doivent comporter les éléments suivants:

- compartiments accessibles contrôlés par verrouillage

Ces compartiments doivent être munis d'un dispositif d'interverrouillage de manière à ce que l'ouverture du compartiment ne puisse se faire que si la partie du circuit principal contenue dans le compartiment rendue accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position débrochée avec les volets clos;

- 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 à accès contrôlé par procédure ne puissent être ouverts que si la partie du circuit principal contenue dans le compartiment rendue accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position débrochée avec les volets clos. Les procédures peuvent être imposées par les lois nationales d'installation ou par les documents de sécurité de l'utilisateur.

5.102.3 Cloisons ou volets parties de l'enveloppe

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

NOTE 1 Une cloison ou un volet devient partie de l'enveloppe si elle ou il 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..

NOTE 2 S'il est prévu qu'une porte puisse être fermée dans les positions définies en 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. Il faut prévoir des moyens 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 du circuit principal et la surface accessible des regards doit tenir les tensions spécifiées en 4.2 de la CEI 60694 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles.

5.102.5 Orifices de ventilation et d'échappement des gaz

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés ou protégés de façon à prévoir le même degré de protection que celui spécifié pour l'enveloppe. De tels orifices peuvent être protégés par des grillages ou des dispositifs analogues à condition que ceux-ci aient une rigidité mécanique suffisante.

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés de telle sorte que des gaz ou des vapeurs s'échappant sous pression ne mettent pas l'opérateur en danger.

5.103 Compartiments

5.103.1 Généralités

Un compartiment doit être désigné par le matériel principal qu'il contient, par exemple compartiment disjoncteur, compartiment jeu de barres, compartiment câble, etc.

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

NOTE Les compartiments peuvent être également identifiés d'après les multiples matériels contenus, par exemple compartiment câble/CT, etc.

Les compartiments peuvent être de types différents, par exemple:

- à remplissage de liquide;
- à remplissage de gaz;
- à isolation solide.

Un matériel enrobé individuellement de matériau isolant solide peut être considéré comme un compartiment, pourvu que les conditions spécifiées dans la CEI 60466 soient remplies.

Les ouvertures nécessaires pour l'interconnexion entre compartiments doivent être fermées par des traversées ou tout autre moyen équivalent.

Le compartiment jeu de barres peut s'étendre sur plusieurs unités fonctionnelles sans que des traversées ou autres dispositifs équivalents ne soient nécessaires. Toutefois, dans le cas de LSC2, chaque jeu de barres, par exemple dans les systèmes à double jeux de barres, ou chaque section déconnectable ou manœuvrable de jeu de barres, doit être dans un compartiment séparé.

5.103.2 Compartiments à remplissage de fluide (gaz ou liquide)

5.103.2.1 Généralités

Les compartiments à remplissage de gaz 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 service 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 60694.)

5.103.2.2 Conception

La conception d'un compartiment à remplissage de fluide doit être basée sur la nature du fluide, température de calcul et si applicable, le niveau de calcul définis 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 gaz 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 de l'enveloppe doit être au moins égale à la pression maximale régnant dans l'enveloppe à la température de calcul.

Il doit être tenu compte de la possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir 5.101) et des données suivantes pour les compartiments à remplissage de fluide:

- a) différence totale de pression possible de part et d'autre des parois du compartiment ou des cloisons, y compris en cas de mise à vide éventuelle durant le remplissage ou la maintenance;
- b) 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 60694).

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 est recommandé 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 à remplissage de gaz d'un compartiment voisin rempli avec un liquide, tel qu'une boîte à câble ou un transformateur de tension, 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 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 60529.

Les cloisons doivent assurer la protection mécanique contre les pressions normales de gaz présentes dans les compartiments voisins (le cas échéant).

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 ainsi que des contacts fixes doivent être munis de volets automatiques qui, manœuvrés correctement pendant les opérations normales d'exploitation, assurent la sécurité 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.

L'état des volets peut ne pas être immédiatement confirmé depuis un compartiment ouvert dans toutes les situations (par exemple compartiment câble 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 nécessaire, lors des travaux de maintenance ou d'essais, d'ouvrir des volets pour atteindre un jeu de contacts fixes, tous les volets doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser, indépendamment, en position de fermeture. Si, lors des travaux de maintenance ou d'essais, la fermeture automatique des volets a été supprimée pour garder les volets en position ouverte, il ne doit pas être possible de remettre l'appareil de coupure 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 coupure.

Il est admis d'insérer de manière temporaire un écran pour protéger des contacts fixes exposés sous tension (voir 10.4).

Pour la classe PM, les cloisons et volets entre les compartiments ouverts et les parties sous tension du circuit principal, 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 conçues 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, en cohérence avec le degré de protection IP 2X.

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:

- a) l'isolation entre les parties actives du circuit principal et la surface accessible des cloisons et volets en matériau isolant doit tenir les tensions d'essai spécifiées en 4.2.1 de la CEI 60694 pour les essais diélectriques à la terre et entre pôles;
- b) le matériau isolant doit tenir les tensions d'essai à fréquence industrielle spécifiées au point a). La méthode d'essai appropriée donnée dans la CEI 60243-1 est en principe appliquée;
- c) l'isolation entre les parties actives du circuit principal 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;
- d) les courants de fuite qui pourraient atteindre la surface accessible des cloisons et volets par un chemin continu sur des surfaces isolantes ou par un chemin 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 inclure les essais mécaniques de la CEI 62271-102.

L'exigence selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position du sectionneur ou de l'interrupteur 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 1 Dans certains pays, la réglementation impose que la distance d'isolement soit visible.

NOTE 2 Voir la CEI 62271-102.

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 de classe IAC, le déplacement de parties débrochables de ou vers leur position de service doit se faire sans diminution du niveau de protection des personnes 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 admis. L'efficacité des conceptions retenues doit être validée par des essais (voir Article A.1)

5.105 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

Lorsque, pour les essais diélectriques, il n'est pas pratique de déconnecter le câble de l'appareillage sous enveloppe métallique, les parties qui ne peuvent pas être isolées du câble doivent être capables de tenir les tensions d'essai des câbles telles que déclarées par le constructeur et basées sur les normes câble correspondantes. Ceci advient quand un côté de la distance d'isolement est sous la tension normale du système par rapport à la terre tandis que des essais sont faits sur les câbles connectés de l'autre côté de la distance d'isolation.

Voir les essais diélectriques définis en 6.2.101.

NOTE On attire l'attention sur le fait qu'en pratique, dans certains cas; il n'y a pas de marge de sécurité entre la tension d'essai à fréquence industrielle assignée sur la distance de sectionnement et la contrainte diélectrique sur cette même distance de sectionnement, résultant de l'application de la tension d'essai à courant continu sur le câble tandis que l'autre extrémité de la distance de sectionnement de l'appareillage sous enveloppe métallique est encore sous tension.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique et relevant de spécifications particulières non couvertes par la CEI 60694 doivent y satisfaire et être essayés conformément à ces spécifications, en tenant compte des paragraphes suivants.

Les essais de type doivent être effectués sur une unité fonctionnelle représentative. Il n'est pas pratique de soumettre toutes les dispositions prévues d'appareillage 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 d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats d'essais 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 du circuit principal (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 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 de la protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et de la protection du matériel contre la pénétration des corps solides étrangers (voir 6.7).

Les essais de type obligatoires, si applicables:

- g) Essais de vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux (voir 6.104)
- h) Essais de vérification de la résistance mécanique des compartiments à remplissage de gaz (voir 6.103)
- i) Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz ou de liquide (voir 6.8)
- j) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne: (pour l'appareillage de la classe IAC) (voir 6.106)
- k) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM). (voir 6.9).

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

- l) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les effets externes dus aux intempéries (voir 6.105)
- m) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les impacts mécaniques (voir 6.7)
- n) Essais d'évaluation de l'isolation de l'équipement par le mesurage des décharges partielles (voir 6.2.9)
- o) Essais de pollution artificielle (voir 6.2.8)
- p) Essais diélectriques sur les circuits d'essais des câbles (voir 6.2.101),

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur de la partie essayée en service. 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 60694 est applicable avec les modifications suivantes:

Les essais de type obligatoires (à l'exception des points j) et k)) doivent être effectués sur quatre spécimens d'essais au maximum

6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essais

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essais

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 60694 est applicable

6.2.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le paragraphe 6.2.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.2 Modalités des essais sous pluie

La CEI 60694 n'est pas applicable: des essais diélectriques sous pluie ne sont pas nécessaires pour l'appareillage sous enveloppe métallique.

6.2.3 Etat de l'appareillage sous enveloppe métallique pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 60694 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 de remplissage également spécifiée par le constructeur.

6.2.4 Conditions de réussite des essais

Le paragraphe 6.2.4 de la CEI 60694 est applicable, avec les modifications suivantes:

- le second alinéa du point a) qui fait référence aux essais sous pluie n'est pas applicable
- le premier paragraphe de l'alinéa b) est remplacé par

L'appareillage satisfait aux essais de chocs si les conditions suivantes sont remplies:

- a) le nombre de décharges disruptives n'excède pas 2 pour chaque série de 15 chocs;
- b) aucune décharge disruptive ne se produit sur une isolation non autogénératrice.

Cela est vérifié par au moins 5 chocs sans décharge disruptive suivant le choc qui a causé la dernière décharge disruptive. Si ce choc est l'un des 5 derniers de la série des 15 chocs, des chocs additionnels doivent être appliqués, pourvu que le nombre total de décharges n'excède pas 2 dans la série complète. Il peut en résulter un nombre maximal de chocs de 25 par série.

NOTE Pour les compartiments remplis avec un fluide essayés avec des traversées d'essais ne faisant pas partie de l'appareillage, les chocs conduisant à un amorçage entre ces traversées d'essais 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 60694 n'est pas applicable.

Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais auxquels le circuit principal est soumis. Sont toutefois 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 n'effectue 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 est 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 sont pas 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 d'exploitation. En cas de doute concernant la configuration la plus défavorable, les essais doivent être repris dans les différentes configurations possibles.

Pour vérifier la conformité avec les 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 en 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'essais 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 essayée aux tensions d'essai spécifiées en 6.2.6 selon la procédure d'essais définie en 6.2.5.2 de la CEI 60694.

La distance de sectionnement peut être constituée par

- la position ouverte d'un sectionneur d'isolement,
- 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, 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 volet ni de cloison métallique mis à la terre entre la partie fixe et la partie débrochable, les tensions d'essai spécifiées sur la distance de sectionnement doivent être appliquées:

- entre les contacts mobiles et les contacts fixes qui se correspondent, si, par inadvertance, les parties conductrices du circuit principal de la partie débrochable peuvent être touchées;
- entre les contacts fixes correspondant à un côté et les contacts fixes correspondant à l'autre côté, l'appareil de connexion de la partie débrochable étant fermé si possible, si elles ne peuvent pas être touchées par inadvertance. Si il n'est pas possible que l'appareil de connexion soit fermé dans la position de sectionnement, cet essai doit être répété en position d'essais l'appareil de connexion de la partie débrochable étant fermé.

c) Essais complémentaires

Pour vérifier la conformité avec l'exigence du point c) de 5.103.3.3, l'isolation entre les parties actives du circuit principal 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 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 sous enveloppe métallique

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essais applicables des Tableaux 1a ou 1b du 4.2 de la CEI 60694. 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 la fréquence industrielle

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 doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et y être maintenue pendant 1 min.

Les essais doivent être effectués à sec.

Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions de la haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être déconnectés ou enlevés.

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, le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension est en principe 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 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

L'appareillage doit être soumis à des essais de tension de choc de foudre, à sec seulement. La procédure B de la CEI 60060-1 doit être appliquée avec les chocs de foudre normalisés 1,2/50 μ s. Quinze chocs de foudre consécutifs à la tension assignée de tenue doivent être appliqués pour chaque condition d'essai et pour chaque polarité.

Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions de la 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 de faible rapport peuvent aussi être court-circuités.

Pendant les essais de tension aux chocs 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 doit être en cas de nécessité, isolée de la terre de telle façon que la tension entre une des parties actives et l'enveloppe n'excède pas la tension spécifiée au point a) de 6.2.5.

6.2.7 Essais de l'appareillage de tension assignée supérieure à 245 kV

Non applicable.

6.2.8 Essais de pollution artificielle

L'appareillage sous enveloppe métallique 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 soumis à des essais selon la CEI 60932, selon un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.2.9 Essais de décharges partielles

Se référer à l'Annexe B avec les compléments suivants:

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

Si cet essai est réalisé, il doit être effectué après les essais aux chocs de foudre et à fréquence industrielle. Les transformateurs de mesure, de puissance ou les fusibles peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions de la haute tension.

NOTE 1 Dans le cas d'un modèle constitué par la combinaison de composants classiques (par exemple des transformateurs de mesure, des traversées), qui peuvent être essayés séparément conformément aux normes qui leur sont applicables, le but de cet essai est de vérifier l'assemblage de ces composants.

NOTE 2 Cet essai peut être réalisé sur des ensembles ou des sous-ensembles. Il convient de prendre des précautions pour que des décharges partielles externes n'affectent pas le résultat du mesurage.

6.2.10 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 60694 est applicable.

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

S'il existe des dispositifs de limitation de tension, ils doivent être déconnectés.

6.2.11 Essai de tension comme vérification d'état

Le paragraphe 6.2.11 de la CEI 60694 est applicable.

6.2.101 Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles

Pour permettre des essais diélectriques sur les câbles avec l'appareillage en service (voir 5.105), un essai de type de tenue à fréquence industrielle supplémentaire peut être réalisé pour confirmer que les distances d'isolement sollicitées peuvent supporter la tension d'essai des câbles, l'autre côté de la distance d'isolement étant toujours sous tension.

Les valeurs d'essai font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE Il convient que les valeurs d'essais convenues soient choisies pour assurer une marge de sécurité entre les tensions d'essai à fréquence industrielle assignées pour les distances de sectionnement et la contrainte de tension sur cette distance de sectionnement résultant de l'application, par exemple, d'une tension continue d'essai des câbles d'un côté avec l'autre côté de la distance de sectionnement de l'appareillage sous enveloppe métallique toujours sous tension.

6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Non applicable.

6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal

6.4.1 Circuit principal

Le paragraphe 6.4.1 de la CEI 60694 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 de routine (voir 7.3).

6.4.2 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 6.4.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de la CEI 60694 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 d'exploitation, avec toutes les enveloppes et les cloisons normales, tous les volets normaux, etc., et les capots et les portes fermés.

Les essais doivent être faits normalement avec le nombre de phases assigné et le courant assigné en service continu circulant d'une extrémité des barres omnibus aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Pour l'essai des unités fonctionnelles individuelles, les unités voisines sont en principe parcourues par un courant produisant les pertes prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut pas être effectué dans les conditions réelles.

Lorsque d'autres composants fonctionnels principaux sont installés à l'intérieur de l'enveloppe, ils doivent être parcourus par les courants produisant les pertes prévues pour les conditions assignées. Pour générer les mêmes dissipations thermiques, des procédures équivalentes sont acceptables.

Les échauffements des différents matériels s'entendent 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.

6.5.1 Etat de l'appareillage sous enveloppe métallique en essai

Le paragraphe 6.5.1 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.2 Disposition de l'appareil

Le paragraphe 6.5.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Le paragraphe 6.5.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.4 Température de l'air ambiant

Le paragraphe 6.5.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.5 Essai d'échauffement des équipements auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.5.5 de la CEI 60694 est applicable.

6.5.6 Interprétation des essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5.6 de la CEI 60694 est applicable.

6.6 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible

Le paragraphe 6.6 de la CEI 60694 est applicable, avec le complément suivant:

a) Essais des circuits principaux

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible assignés, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues, c'est-à-dire qu'ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Pour ces essais, les connexions courtes aux équipements auxiliaires (comme les transformateurs de tension, les transformateurs auxiliaires, les parafoudres, les condensateurs d'amortissement, les systèmes de détection de tension, et les équipements similaires) ne sont pas considérées comme faisant partie du circuit principal.

Les essais au courant de court-circuit doivent être effectués selon le nombre de phases assigné. Les transformateurs de courant et les déclencheurs éventuels doivent être installés, comme dans les conditions normales d'exploitation, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

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

Pour les équipements comprenant des dispositifs de limitation, 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 limitateurs 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 n'accusent 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 des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible assignés dans les conditions de mise à la terre du neutre du réseau. C'est-à-dire qu'ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique, avec tous les matériels qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Les essais de court-circuit sur les dispositifs de mise à la terre sont effectués selon le nombre de phase assigné. Des essais monophasés complémentaires peuvent être nécessaires afin de vérifier la tenue de tous les circuits prévus pour assurer la liaison entre le dispositif de mise à la terre et la borne de mise à la terre prévue.

S'il existe des dispositifs de mise à la terre amovibles, la connexion de terre entre la partie fixe et la partie amovible doit être essayée dans les conditions correspondant au défaut de terre. Le courant du 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.

Une inspection visuelle est normalement suffisante pour vérifier que la continuité du circuit a été conservée.

En cas de doute, pour être certain que les connexions à la terre sont toujours effectives, la mise à la terre sera 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 60694 est applicable avec le complément suivant:

Les équipements essayés 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 des systèmes à double jeux de barres et/ou de conception à niveau multiple, les essais seront faits dans la ou les positions la plus défavorable de l'appareil de connexion

Les connexions d'essai aux bornes de l'appareillage doivent être disposées de manière à éviter des contraintes ou des efforts anormaux sur les bornes. La distance entre les bornes et les premiers supports des conducteurs d'essai de chaque côté de l'appareillage doit être conforme aux instructions du constructeur mais doit tenir compte des impositions ci-dessus.

L'appareil de connexion doit être en position fermée et équipé avec des contacts propres et neufs.

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

La disposition d'essai doit être indiquée dans le compte rendu d'essai.

6.6.2 Valeur du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 6.6.2 de la CEI 60694 est applicable.

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

Le paragraphe 6.6.3 de la CEI 60694 est applicable.

6.6.4 Etat de l'appareillage après l'essai

Le paragraphe 6.6.4 de la CEI 60694 est applicable.

6.7 Vérification de la protection

6.7.1 Vérification de la codification IP

Le paragraphe 6.7.1 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Le degré minimal de protection de l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique doit être de IP2X selon les exigences de la CEI 60529. Un degré de protection d'un niveau plus élevé peut être spécifié selon les exigences de la CEI 60529.

6.7.2 Essais aux impacts mécaniques

Le paragraphe 6.7.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 6.8 de la CEI 60694 est applicable.

6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.9 de la CEI 60694 est applicable, à l'exception de l'essai de tension de perturbation radioélectrique.

6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de contrôle

La CEI 60694 est applicable pour les paragraphes 6.10.1, 6.10.2, 6.10.4-7

6.10.3 Essais de continuité électrique des sur les parties métalliques reliées à la terre

La CEI 60694 n'est pas applicable.

Aucun essai n'est généralement nécessaire si une conception adéquate est démontrée.

Cependant, en cas de doute, les parties métalliques des enveloppes et/ou les cloisons et les volets métalliques ou leurs parties métalliques doivent être essayées avec un courant continu de 30 A jusqu'à la borne de mise à la terre.

La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

En vue de vérifier leurs pouvoirs assignés de fermeture et de coupure, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal et les interrupteurs de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être essayés, conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi, c'est-à-dire selon leur disposition normale dans l'appareillage sous enveloppe métallique avec tous les matériels associés dont la disposition peut influencer les caractéristiques, tels que connexions, supports, dispositifs d'échappement, etc. Ces essais ne sont pas nécessaires si les essais d'établissement et de coupure ont été réalisés sur les appareils de connexion installés dans un appareillage sous enveloppe métallique dans des conditions plus contraignantes.

NOTE Lors de l'examen des matériels associés susceptibles d'influencer les caractéristiques, il est recommandé 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 est négligeable dans certains cas.

Dans le cas d'une conception à plusieurs niveaux, lorsque les compartiments de chaque niveau ne sont pas identiques mais sont conçus pour accepter le même appareillage de connexion, les essais/série d'essais suivants doivent être répétés dans chaque compartiment en respectant les impositions de chaque norme applicable.

Lorsque les performances en court-circuit des appareils de connexion ont au préalable été essayées dans l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe métallique conformément aux normes applicables, il n'est pas nécessaire de reprendre les essais.

Dans le cas d'appareillage de conception à simple niveau ou à niveau multiple et/ou avec des systèmes à double jeux de barres, une attention particulière aux procédures d'essais applicables pour la vérification des capacités d'établissement et de coupures pour couvrir les combinaisons pouvant se rencontrer en service est nécessaire.

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, la combinaison précise des essais étant déterminée par les caractéristiques et l'emplacement des appareils de connexion particuliers pris en considération.

- a) Les séries complètes d'essais d'établissements et de coupures appropriées doivent être réalisées avec l'appareil de connexion dans un des compartiments. Si d'autres compartiments sont de modèle similaire, et que l'appareil de connexion prévu pour être utilisé dans ces compartiments est également identique, alors les essais définis ci-dessus sont également valides pour ces compartiments.
- b) Lorsque les compartiments ne sont pas identiques mais sont conçus pour recevoir les mêmes appareils de connexion, les essais/série d'essais suivants doivent être répétés dans chacun de ces compartiments, en respectant les impositions de chaque norme applicable:
 - CEI 62271-100 série d'essais T100s, T100a, et essais au courant critique (si nécessaire), en tenant également compte des exigences de 6.103.4 de la norme, s'il est applicable, pour l'aménagement des connexions d'essai.
 - CEI 62271-102 manœuvres d'établissement en court-circuit selon la classe applicable E1 ou E2.
 - CEI 60265-1: 10 manœuvres CO avec le courant 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_{iso} , TD_{IWmax} et $TD_{Itransfer}$.
 - CEI 60470: Vérification de la coordination avec les DPCC selon 6.106 de la CEI 60470.
- c) Lorsque les compartiments sont conçus pour accepter plus d'un type ou d'un modèle d'appareils de connexion, chaque variante doit être entièrement essayée selon les exigences du point a) et également, si nécessaire, du point b) ci-dessus.

6.102 Essais de fonctionnement mécanique

6.102.1 Appareils de connexion et parties amovibles

Les appareils de connexion et les parties débrochables doivent être manœuvrés 50 fois, et les parties amovibles enlevées 25 fois et remises en place 25 fois pour vérifier le bon fonctionnement de l'équipement.

Si la partie débrochable ou amovible est prévue pour être utilisée comme un sectionneur, alors elle doit être essayée selon les exigences de la CEI 62271-102.

6.102.2 Verrouillages

Les verrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion et l'embrochage ou le débrochage des parties amovibles. Les appareils de connexion doivent subir 50 tentatives de manœuvre et les parties amovibles 25 tentatives d'embrochage et 25 tentatives de débrochage. Pendant ces essais, on doit n'appliquer que l'effort de manœuvre normal et ne se livrer à aucun réglage sur les appareils de connexion, les parties amovibles ou les verrouillages. Dans le cas d'équipement manœuvré manuellement, la poignée de manœuvre préconisée doit être utilisée pour réaliser ces essais.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si

- a) on ne peut pas manœuvrer les appareils de connexion,
- b) on ne peut pas embrocher et débrocher les parties amovibles,
- c) les appareils de connexion, les parties amovibles et les verrouillages restent en bon état de fonctionnement et l'effort nécessaire à la manoeuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

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 dispositif d'échappement des gaz

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 d'échappement des gaz ne doit pas fonctionner.
- Ensuite, la pression doit être augmentée jusqu'à une valeur maximale de 3 fois la pression de calcul. Il est admis que le dispositif d'échappement des gaz fonctionne, selon la conception prévue par le constructeur, en dessous de cette valeur. La pression d'ouverture doit être notée dans le compte rendu d'essai de type. Après l'essai, le compartiment peut être déformé mais ne doit pas se rompre.

NOTE La pression relative de tenue de 3 fois la pression de calcul peut ne pas être essayée pour le compartiment, car il n'est pas toujours possible de l'essayer sans la présence du dispositif d'échappement des gaz ou d'une zone dédiée à l'échappement sur la paroi du compartiment.

6.103.2 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz sans dispositif d'échappement des gaz

Chaque modèle de compartiment à remplissage de gaz doit être soumis à un essai de pression selon la procédure suivante:

- La pression relative doit être augmentée jusqu'à atteindre une valeur de 3 fois la pression de calcul du compartiment pendant 1 min. Après l'essai, le compartiment peut être déformé mais ne doit pas se rompre.

6.104 Essais des cloisons et des volets isolants

Ce paragraphe s'applique uniquement aux cloisons (et volets) prévus pour la protection contre les contacts (directs et indirects) avec les 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 sectionnée et mise à la terre.

Les cloisons et volets non métalliques, constitués entièrement ou en partie de matériaux isolants doivent être essayés comme suit:

6.104.1 Essais diélectriques

- a) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal 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 60694 pour l'isolation à la terre et entre pôles. Se référer au point a) de 6.2.5 pour la procédure 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 la méthode d'essai appropriée décrite dans la CEI 60243-1.

- c) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface interne des cloisons et volets isolants qui leur font face doit être essayée 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. La procédure d'essai du point a) de 6.2.5 doit être respectée.

6.104.2 Mesurage des courants de fuite

Lorsque l'appareillage sous enveloppe métallique contient des cloisons ou des volets en matériau isolant, on doit effectuer les essais suivants pour vérifier la conformité avec 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 faits avec les différentes phases de la source reliées successivement à la terre. Dans le cas d'essais en monophasé, un seul mesurage suffit.

Un feuillet métallique doit être appliqué à l'endroit le plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'isolant 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 carré, doit être aussi grande que possible mais n'excédant pas 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.

Si la valeur du courant de fuite mesuré dépasse 0,5 mA, la surface isolante n'assure pas la protection exigée par la présente norme.

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 60694 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 puissent pas atteindre les parties accessibles des cloisons et volets isolants.

6.105 Essai de protection contre les intempéries

Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, un essai de protection contre les intempéries peut être effectué sur l'appareillage sous enveloppe métallique pour l'extérieur. L'Annexe C de la CEI 60694 indique une méthode recommandée.

6.106 Essai d'arc interne

Cet essai est applicable à l'appareillage sous enveloppe métallique destiné à être qualifié en classe IAC pour la protection des personnes dans le cas d'un arc interne. Les essais doivent être réalisés selon l'Annexe A, dans tous les compartiments des unités fonctionnelles représentatives contenant des parties du circuit principal (se référer à l'Article A.3).

Les compartiments protégés par des fusibles limiteurs satisfaisant à leurs propres essais de type doivent être essayés 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 essayé sera désigné comme «protégé par fusibles». Les essais doivent être réalisés à la tension maximale assignée de l'équipement.

NOTE L'utilisation de fusibles limiteurs 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, 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 soient pris en considération lors de l'évaluation des modèles utilisant ces dispositifs.

Tous les dispositifs (par exemple, les relais de protection) qui pourraient 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, à moins qu'ils ne soient destinés à être essayés. Dans ce cas, le compartiment de l'appareillage pourra être essayé avec ce dispositif en service, mais ce compartiment ne doit être qualifié que pour la durée réelle de l'arc. Le courant d'essai doit être maintenu pour la durée assignée de court-circuit du circuit principal.

Cet essai couvre le cas d'un défaut survenant dans l'air ou dans d'autres fluides isolants (liquide ou gazeux) dans l'enveloppe ou dans les composants dont l'enceinte fait partie de l'enveloppe quand les portes et capots sont dans la position requise pour les conditions normales de manœuvres (se référer à l'Article A.1).

La procédure d'essai couvre également le cas particulier d'un défaut survenant dans une isolation solide lorsque cette isolation est réalisée pendant l'assemblage sur site de l'appareillage sous enveloppe métallique et qu'elle n'est pas composée de parties isolantes préfabriquée ayant subi des essais de type (se référer à A.5.2)

La validité des résultats des essais réalisés sur une unité fonctionnelle d'un modèle particulier d'appareillage sous enveloppe métallique peut être étendue à un autre (se référer à 6.1) à condition que le premier ait été essayé dans les conditions les plus contraignantes et que le suivant puisse être considéré comme similaire à celui essayé pour les aspects suivants:

- dimensions;
- structure et robustesse de l'enveloppe;
- architecture des cloisonnements;
- performance du dispositif d'échappement de la pression, s'il existe;
- système d'isolation.

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 60694 en ajoutant les essais individuels 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
- vérification de l'état du gaz après remplissage sur site: 7.106

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

7.1 Essais diélectriques du circuit principal

Le paragraphe 7.1 de la CEI 60694 est applicable avec le complément et l'exception suivante:

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 60694 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).

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 4.10.1).

7.2 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 7.2 de la CEI 60694 est applicable.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

La CEI 60694 n'est pas applicable. Cet essai doit être réalisé selon accord entre le constructeur et l'utilisateur.

La chute de tension en courant continu ou la résistance de chaque phase du circuit principal doit être mesurée dans des conditions aussi proches que possible des conditions dans lesquelles l'essai de type correspondant a été effectué. La valeur mesurée lors de l'essai de type peut être utilisée pour déterminer la valeur limite de résistance pour l'essai de routine.

7.4 Essais d'étanchéité

La CEI 60694 est applicable.

7.5 Contrôles visuels et du modèle

La CEI 60694 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 remplis avec des fluides.

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

7.102 Essais de fonctionnement mécanique

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

Pendant ces essais, qui sont effectués sans tension ni courant dans les circuits principaux, on doit vérifier en particulier 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 appareil de connexion et chaque partie amovible doivent être essayés comme il est spécifié en 6.102, mais en remplaçant les 50 manœuvres ou tentatives par 5 manœuvres ou tentatives dans chaque direction.

7.103 Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz

Des essais de pression doivent être faits 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 verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être essayés 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, on n'effectue aucun réglage.

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 essayé 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 est recommandé de faire les essais suivants:

a) Essai de tension du circuit principal:

Après accord entre constructeur et utilisateur, des essais diélectriques 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 est 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 diélectrique 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 paragraphe 7.4 est applicable.

b) Vérification de l'état du fluide après remplissage sur le site: le paragraphe 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 sous enveloppe métallique selon le service

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 l'identification des impositions fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation et de la constitution des cloisonnements internes qui satisfont au mieux ces impositions. Des explications sur les changements de classifications, en comparaison à celles de la troisième édition (1990) de la CEI 60298 et d'autres pratiques courantes, sont données à l'Annexe C.

Il convient de tenir compte de la législation applicable et des règlements de sécurité des utilisateurs pour définir ces impositions.

Le Tableau 2 résume les considérations à prendre en compte pour spécifier l'appareillage.

8.1 Choix des valeurs assignées

Pour des contraintes en service données, l'appareillage sous enveloppe métallique est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses composants, déterminées par les conditions en charge normale et de défaut. Les valeurs assignées d'un assemblage d'appareillages peuvent être différentes de celles de leurs composants.

Il convient de choisir les caractéristiques 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.

8.2 Choix du modèle et de sa construction

8.2.1 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 nécessité que des composants individuels soient débrochables ou extractibles dépend en premier lieu des exigences (si il y en a) de maintenance et/ou d'essais.

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 rendent accessibles les parties mécaniques en les plaçant à l'extérieur du compartiment HT.

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 du tableau. Si la demande de maintenance n'est pas fréquente, comme c'est souvent la pratique préférée actuellement, les ensembles équipés avec des composants à faible maintenance peuvent répondre au besoin de façon bien adaptée. Les ensembles fixes, en particulier ceux employant des composants à faible maintenance, peuvent constituer une alternative intéressante en terme de coût sur la durée de vie du produit.

Dans le cas où un compartiment contenant le circuit principal est ouvert, l'imposition de pouvoir intervenir sur l'appareillage en toute sécurité nécessite (indépendamment de la structure fixe ou débrochable) que les parties sur lesquelles un travail doit être réalisé doivent être 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 contre une reconnexion.

8.2.2 Architecture et accessibilité aux compartiments

La structure des différents cloisonnements définis dans cette norme tente de faire la part entre des exigences telles que la continuité de service et la maintenabilité. Dans ce paragraphe, des indications sont données pour définir dans quelle mesure les différentes variantes peuvent satisfaire aux besoins de maintenabilité.

NOTE 1 Les cloisonnements 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 décrits 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 cette norme.

La description complète de l'appareillage doit inclure la liste et le type de chaque compartiment, par exemple compartiment jeu de barres, compartiment disjoncteur, etc., le type d'accessibilité prévu pour chacun et la structure (débrochable ou non).

Il y a quatre types de compartiments, trois étant accessibles par l'utilisateur et un non accessible.

Compartiments accessibles: trois méthodes sont définies pour contrôler l'ouverture d'un compartiment accessible.

- La première, par l'utilisation d'interverrouillages assurant que toutes les parties sous tension internes sont hors tension et mises à la terre, définissant un «compartiment accessible contrôlé par interverrouillage».
- La seconde, 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 prévoyant 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 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 accessibles ne nécessitent pas l'utilisation d'outils pour leur ouverture.

Lorsque l'ouverture du compartiment 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 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.

8.2.3 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 l'appareillage décrit dans quelle mesure les autres compartiments et/ou unités fonctionnelles peuvent rester sous tension lorsqu'un compartiment contenant un circuit principal est ouvert.

Catégorie LSC1: cette conception n'est pas prévue pour assurer une continuité de service pendant la maintenance (si elle est nécessaire) et peut nécessiter le sectionnement complet par rapport au réseau de l'appareillage et sa mise hors tension avant d'accéder à l'intérieur de l'enveloppe.

Catégorie LSC2: Cette conception est prévue pour permettre d'assurer au maximum la continuité de service du réseau lors de l'accès aux compartiments internes de l'appareillage.

LSC2 est divisé en deux niveaux:

LSC2A: lorsqu'on accède aux composants d'une unité fonctionnelle, les autres unités fonctionnelles de l'appareillage peuvent rester en service.

Exemple LSC2A pour une conception débrochable: pratiquement, ceci signifie que les câbles HT d'arrivée de cette unité fonctionnelle doivent être mis hors tension et à la terre et que le circuit doit être sectionné et séparé (physiquement et électriquement) du jeu de barres. Le jeu de barres peut rester sous tension. Le terme séparation est utilisé ici plutôt que cloisonnement métallique pour éviter de faire une distinction à ce niveau entre isolation et cloison métallique et volet, voir en 8.2.4.

LSC2B: en plus du niveau de continuité de service LSC2A ci-dessus, les câbles HT d'arrivée de l'unité fonctionnelle à laquelle on accède peuvent rester sous tension dans cette catégorie LSC2B. Ceci signifie qu'il y a un autre point de sectionnement et de séparation, c'est-à-dire entre l'appareil de connexion et les câbles.

Exemple LSC2B pour une conception débrochable: si l'appareil principal de connexion de chaque unité fonctionnelle d'un appareillage LSC2B est mis en place dans un compartiment qui lui est propre, la maintenance peut être réalisée sur cet appareil principal de connexion sans mettre hors tension les raccordements aux câbles qui lui correspondent. En conséquence, il est nécessaire d'avoir un minimum de trois compartiments pour chaque unité fonctionnelle dans cet exemple d'appareillage LSC2B:

- pour chaque appareil de connexion principal;
- 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. Lorsqu'il y a plus qu'un jeu de barres, chaque jeu est dans un compartiment séparé.

8.2.4 Classe de cloisonnement

Il existe deux classes de cloisonnement, la classe PM (3.109.1) et la classe PI (3.109.2).

Le choix d'une classe de cloisonnement n'assure pas nécessairement la protection des personnes dans le cas d'un arc interne dans un compartiment adjacent, voir l'Article A.1 ainsi que 8.3.

Classe PM: les compartiments, lorsqu'ils sont ouverts, sont entourés par des cloisonnements métalliques et/ou des volets destinés à être mis à la terre. Un volet peut ou non se situer dans le compartiment ouvert lui-même, dans la mesure où le cloisonnement métallique (définition 3.111) est réalisé entre les composants du compartiment ouvert et les composants des compartiments adjacents. Voir 5.103.3.1.

L'objectif est qu'il n'y ait aucun champ électrique dans le compartiment ouvert et qu'il ne se produise pas de changement du champ électrique dans les compartiments qui l'entourent.

NOTE Cette classe s'applique aux compartiments ouverts qui ne sont soumis à aucun champ électrique dû aux parties sous tension et sans influence possible sur la répartition du champ autour de ces parties sous tension, à l'exception des effets dus au changement de position des volets.

8.3 Classe de tenue à l'arc interne

Lors du choix d'un appareillage sous enveloppe métallique, il convient de tenir compte de la possibilité d'un défaut interne, dans le but d'assurer un niveau de protection acceptable pour les exploitants et, lorsque c'est le cas, pour les tiers.

Cette protection est réalisée en réduisant le risque à un niveau tolérable. Selon le Guide ISO/CEI 51, le risque est la combinaison de la probabilité d'arrivée du dommage et de sa sévérité. (Voir l'Article 5 du Guide ISO/CEI 51 sur le concept de sécurité.)

Par conséquent, il convient de réaliser le choix de l'équipement adapté, pour l'arc interne, avec une procédure permettant d'atteindre un niveau de risque tolérable. Une telle procédure est décrite à l'Article 6 du Guide ISO/CEI 51. Cette procédure est basée sur l'hypothèse que l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

A titre de guide, le Tableau 2 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience a montré que les défauts avaient une plus grande chance de se produire. Il donne aussi la cause des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité d'un arc interne. Si nécessaire, il convient que l'utilisateur mette en pratique celles qui sont applicables lors de l'installation, la mise en service, la manœuvre et la maintenance.

D'autres mesures peuvent être prises pour assurer le plus haut niveau possible de protection des personnes dans le cas d'un arc interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement.

Quelques exemples de telles mesures sont les suivants:

- temps d'élimination du défaut rapide par l'utilisation de capteur sensibles à la lumière, à la pression ou la chaleur ou par des protections différentielles barres;
- utilisation de fusibles adaptés en combinaison avec les appareils de connexion pour diminuer le courant coupé limité et la durée du défaut;
- élimination rapide de l'arc en le dérivant sur un court-circuit métallique au moyen de dispositifs de détection et de fermeture rapide (arc eliminator);
- contrôle à distance;
- dispositif d'échappement de la pression;

- déplacement de la partie débrosable vers ou depuis la position de service uniquement lorsque la porte avant est fermée.

Le paragraphe 5.102.3 prend en compte la disposition pratique des volets faisant partie de l'enveloppe quand ils sont fermés dans les positions 3.127 à 3.130. Le changement d'état lorsqu'on se déplace de la position 3.126 à 3.128 (et vice versa) n'est pas essayé.

Des défaillances peuvent se produire pendant l'embrosage ou le débrosage des parties débrosables. Ces défaillances ne sont pas nécessairement dues au changement du champ électrique lors de la fermeture des volets, bien que ce soit une des possibilités. Une avarie ou une déformation des contacts d'embrosage et/ou des volets entraîne une défaillance plus fréquente telle qu'un amorçage à la terre est initié pendant le processus d'embrosage/débrosage.

Pour définir la classe IAC, les points suivants doivent être considérés:

- tous les appareillages ne seront pas classés IAC;
- tous les appareillages ne sont pas de conception débrosable;
- tous les appareillages ne sont pas équipés d'une porte qui peut être fermée dans les positions définies en 3.126 à 3.128.

Tableau 2 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut interne

Emplacements préférentiels où l'arc peut s'amorcer (1)	Causes possibles des défauts internes (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Compartiments câbles	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes. Utiliser des matériaux appropriés
	Installation défectueuse	Eviter de croiser les câbles. Contrôle de la main d'œuvre sur le site. Couple de serrage correct.
	Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant)	Contrôle de la main d'œuvre et/ou essai diélectrique sur le site. Vérification régulière du niveau des liquides (si applicable).
Sectionneurs Interrupteurs Interrupteurs de terre	Fausse manoeuvre	Verrouillages (voir 5.11). Réouverture retardée. Manoeuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et interrupteurs de terre. Instructions au personnel.
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou graisse. Utilisation de placage. Enrobage si possible
	Assemblage défectueux	Contrôle de la main-d'œuvre par une méthode appropriée. Couple de serrage correct. Moyens de fixation appropriés
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits.
	Court-circuit côté BT pour les TT	Eviter les courts-circuits par des moyens appropriés par exemple capots de protection, fusibles BT
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme. Instructions au personnel.
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Limitation d'accès par compartimentage. Enrobage isolant des parties actives. Instructions au personnel.
	Vieillessement diélectrique	Essai individuel en décharge partielle
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (voir article 2). – Utilisation de compartiments à remplissage de gaz.
	Surtensions	Protection contre la foudre. Coordination d'isolement convenable. Essais diélectriques sur site.

Pour choisir l'appareillage adapté pour la contrainte d'arc interne, les critères suivants peuvent être utilisés:

- quand le risque est considéré comme négligeable, un appareillage sous enveloppe métallique de la classe IAC n'est pas nécessaire;
- quand le risque est considéré comme significatif, il convient de n'utiliser que de l'appareillage sous enveloppe métallique de la classe IAC.

Dans le second cas, il convient de faire le choix en prenant en compte le niveau maximal de courant prévisible et la durée du défaut, comparés aux valeurs assignées de l'équipement essayé. De plus, il convient de suivre les instructions d'installation du constructeur (voir l'Article 10). En particulier, la position du personnel pendant un phénomène d'arc interne est important. Il convient que le constructeur indique quels côtés de l'appareillage sont accessibles, en fonction de la disposition lors des essais et il convient que l'utilisateur suive scrupuleusement ces instructions. L'autorisation de la pénétration du personnel dans une zone non déclarée comme accessible peut exposer ce personnel à des blessures.

La classification IAC procure un niveau de protection des personnes validé dans les conditions normales de manœuvres comme indiqué à l'Article A.1. Elle se rapporte à la protection du personnel dans ces conditions, mais ne se rapporte pas à la protection du personnel dans des conditions de maintenance et avec une continuité de service.

Les exigences techniques, les caractéristiques et les essais optionnels relatifs à l'appareillage sous enveloppe sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe

Information	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Particularité du réseau (ne faisant pas partie des caractéristiques de l'équipement)		
Tension kV		
Fréquence Hz		
Nombre de phases		
Mode de mise à la terre du neutre		
Caractéristiques de l'appareillage		
Nombre de pôles		
Classe – intérieure, extérieure (ou conditions spéciales de service)	2	
Dénomination des compartiments:- Jeu de barres Appareil principal Câble TC TT (etc.)	3.107 (voir 5.103.1)	Compartiment jeu de barres = Compartiment appareillage principal = Compartiment câbles = Compartiment TC = Compartiment TT = Compartiment Câble/TC = Appareillage principal /TC = Autre compartiment (à définir) =
Type du compartiment (à spécifier pour chaque compartiment HT) si applicable:- Compartiment accessible contrôlé par verrouillage Compartiment accessible selon procédure Compartiment à accès contrôlé par outillage compartiment non accessible	3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	

Information	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Classe de cloisonnement classe PM classe PI	3.109.1 3.109.2	
Débrochable/ non débrochable (appareil principal)	3.125	(Débrochable/ non débrochable) =
Catégorie de perte de continuité de service (LSC) LSC2B LSC2A LSC1	3.131.1 3.131.1 3.131.2	
Tension assignée U_r 3,6 kV; 7,2 kV; 12 kV; 17,5 kV; 24 kV; 36 kV, etc. et nombre de phases 1, 2 or 3	4.1	
Niveau d'isolement assigné: Tenue à la tension de courte durée à fréquence industrielle U_d Tenue à la tension de choc de foudre U_p	4.2	(Valeur commune/entre la distance d'isolement) a) / b) /
Fréquence assignée f_r	4.3	
Courant permanent assigné I_r Arrivée Jeu de barres Départ	4.4	a) b) c)
Courant de courte durée admissible assigné I_k Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) Circuit de terre	4.5	a) b)
Valeur de crête du courant admissible assigné I_p Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) Circuit de terre	4.6	a) b)
Durée de court-circuit assignée t_k Circuit principal (arrivée/jeu de barres/départ) Circuit de terre	4.7	a) b)
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande U_a a) Fermeture et déclenchement b) Indication c) Contrôle	4.8	a) b) c)
Fréquence assignée d'alimentation des circuits de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	4.9	
Dispositifs de verrouillage et de surveillance basses et hautes pressions (Indiquer les exigences, par exemple verrouillage si indication d'une basse pression etc.)	5.9	

Information	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Dispositif de verrouillage (Indiquer toute exigence additionnelle à celle de 5.11)	5.11	
Degré de protection de l'enveloppe (si différente de IP2X):- Portes fermées Portes ouvertes	5.13 (voir 5.102.1 et 5.102.3)	a) b)
Essais de pollution artificielle	6.2.8	Exigences supplémentaires pour la condensation et la pollution:-
Essais de décharges partielles	6.2.9	Accord avec le constructeur pour les valeurs d'essai
Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles	6.2.101	Accord avec le constructeur pour les valeurs d'essai
Essai de protection contre les intempéries	6.105	Accord si applicable
Mesurage des décharges partielles	7.101	Accord avec le constructeur pour les valeurs d'essai
Essai de défaut interne IAC Type d'accessibilité à l'appareillage (pour A et B, spécifier la ou les faces qui sont nécessaires) A limité aux personnes autorisées seulement B accès libre (y compris le public) C accessibilité par une installation hors d'atteinte Valeur d'essai de cette classe en kA et durée en s	6.106 Article A.2 Voir également exemple à l'Article A.8 Article A.3	O/N F pour la face avant = L pour les faces latérales = R la face arrière =
Information complémentaire Par exemple exigence spéciale pour les essais des câbles		

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

9.101 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

En faisant un appel d'offres ou en passant commande d'une installation d'appareillage sous enveloppe métallique, il convient que les renseignements suivants soient fournis par le demandeur:

1) Caractéristiques propres au réseau

Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, modalités de mise à la terre du neutre.

2) Conditions de service, si elles sont différentes des conditions normales (voir Article 2)

Les températures minimale et maximale de l'air ambiant; toutes conditions divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telles que, par exemple, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière excessive ou au sel; le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.