

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62271-201

Première édition
First edition
2006-06

Appareillage à haute tension –

Partie 201:

**Appareillage sous enveloppe isolante
pour courant alternatif de tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales
à 52 kV**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 201:

**AC insulation-enclosed switchgear and
controlgear for rated voltages above 1 kV
and up to and including 52 kV**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62271-201:2006

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

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

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62271-201

Première édition
First edition
2006-06

Appareillage à haute tension –

Partie 201:

**Appareillage sous enveloppe isolante
pour courant alternatif de tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales
à 52 kV**

High-voltage switchgear and controlgear –

Part 201:

**AC insulation-enclosed switchgear and
controlgear for rated voltages above 1 kV
and up to and including 52 kV**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XC**

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	8
1 Généralités.....	12
1.1 Domaine d'application	12
1.2 Références normatives.....	12
2 Conditions de service normales et spéciales	14
3 Termes et définitions	14
4 Caractéristiques assignées.....	28
4.1 Tension assignée (U_r)	28
4.2 Niveau d'isolement assigné	28
4.3 Fréquence assignée (f_r).....	28
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	30
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	30
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	30
4.7 Durée assignée de court-circuit (t_k)	30
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a).....	30
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande.....	32
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolation et/ou la manœuvre	32
5 Conception et construction	32
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	32
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	34
5.3 Mise à la terre de l'appareillage.....	34
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	36
5.5 Manœuvre à source d'énergie extérieure.....	36
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	36
5.7 Manœuvre manuelle indépendante	36
5.8 Fonctionnement des déclencheurs	36
5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	36
5.10 Plaques signalétiques	36
5.11 Dispositifs de verrouillage	40
5.12 Indicateur de position	40
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes	42
5.14 Lignes de fuite.....	42
5.15 Etanchéité au gaz et au vide	42
5.16 Etanchéité au liquide	42
5.17 Inflammabilité.....	42
5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	42
5.101 Défaut interne	42
5.102 Enveloppe isolante	44
5.103 Compartiments	50
5.104 Parties amovibles	54
5.105 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles	56

CONTENTS

FOREWORD.....	9
1 General	13
1.1 Scope	13
1.2 Normative references	13
2 Normal and special service conditions	15
3 Terms and definitions	15
4 Ratings.....	29
4.1 Rated voltage (U_r)	29
4.2 Rated insulation level	29
4.3 Rated frequency (f_r).....	29
4.4 Rated normal current and temperature rise.....	31
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	31
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	31
4.7 Rated duration of short circuit (t_k).....	31
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	31
4.9 Rated supply frequency of operating devices and of auxiliary and control circuits.....	33
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or operation	33
5 Design and construction	33
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	33
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	35
5.3 Earthing of switchgear and controlgear	35
5.4 Auxiliary and control equipment.....	37
5.5 Dependent power closing.....	37
5.6 Stored energy closing	37
5.7 Independent manual operation.....	37
5.8 Operation of releases	37
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices.....	37
5.10 Nameplates	37
5.11 Interlocking devices	41
5.12 Position indication	41
5.13 Degrees of protection by enclosures	43
5.14 Creepage distances	43
5.15 Gas and vacuum tightness.....	43
5.16 Liquid tightness	43
5.17 Flammability	43
5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)	43
5.101 Internal fault	43
5.102 Insulation enclosure.....	45
5.103 Compartments	51
5.104 Removable parts	55
5.105 Provisions for dielectric tests on cables	57

6	Essais de type	56
6.1	Généralités	56
6.2	Essais diélectriques	60
6.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	68
6.4	Mesurage de la résistance des circuits	68
6.5	Essais d'échauffement	68
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible	70
6.7	Vérification de la protection	74
6.8	Essais d'étanchéité	76
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	76
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	76
6.101	Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	76
6.102	Essais de fonctionnement mécanique	78
6.103	Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz	80
6.104	Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques	80
6.105	Essai d'arc interne	82
6.106	Essai de stabilité thermique	84
6.107	Essai d'humidité	86
7	Essais individuels de série	86
7.1	Essais diélectriques du circuit principal	86
7.2	Essais des circuits auxiliaires et de commande	88
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal	88
7.4	Essai d'étanchéité	88
7.5	Contrôles visuels et du modèle	88
7.101	Mesurage des décharges partielles	88
7.102	Essais de fonctionnement mécanique	88
7.103	Essais de pression des compartiments à remplissage de gaz	90
7.104	Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	90
7.105	Essais après montage sur le site	90
7.106	Mesurage de l'état du fluide après remplissage sur site	90
8	Guide pour le choix de l'appareillage sous enveloppe isolante selon le service	92
8.1	Choix des valeurs assignées	92
8.2	Choix du modèle et de sa construction	92
8.3	Classification arc interne	98
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	106
9.101	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes	106
9.102	Renseignements à donner dans les soumissions	108
10	Règles pour le transport, le stockage, le montage et la maintenance	110
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage	110
10.2	Installation	110
10.3	Utilisation	110
10.4	Maintenance	110
11	Sécurité	112
11.101	Procédures	112
11.102	Aspects liés à l'arc interne	112
12	Influence du produit sur l'environnement	112

6	Type tests	57
6.1	General	57
6.2	Dielectric tests	61
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test	69
6.4	Measurement of the resistance of circuits	69
6.5	Temperature-rise tests	69
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	71
6.7	Verification of the protection	75
6.8	Tightness tests	77
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	77
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	77
6.101	Verification of making and breaking capacities	77
6.102	Mechanical operation tests	79
6.103	Pressure withstand test for gas-filled compartments	81
6.104	Tests to prove the protection of persons against electric shock	81
6.105	Internal arcing test	83
6.106	Thermal stability test	85
6.107	Humidity test	87
7	Routine tests	87
7.1	Dielectric tests on the main circuit	87
7.2	Tests on auxiliary and control circuits	89
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit	89
7.4	Tightness test	89
7.5	Design and visual checks	89
7.101	Partial discharge measurement	89
7.102	Mechanical operation tests	89
7.103	Pressure tests of gas-filled compartments	91
7.104	Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	91
7.105	Tests after erection on site	91
7.106	Measurement of fluid condition after filling on site	91
8	Guide to the selection of insulation-enclosed switchgear and controlgear for service	93
8.1	Selection of rated values	93
8.2	Selection of design and construction	93
8.3	Internal arc classification	99
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders	107
9.101	Information to be given with enquiries and orders	107
9.102	Information to be given with tenders	109
10	Rules for transport, storage, erection and maintenance	111
10.1	Conditions during transport, storage and erection	111
10.2	Installation	111
10.3	Operation	111
10.4	Maintenance	111
11	Safety	113
11.101	Procedures	113
11.102	Internal arc aspects	113
12	Influence of the product on the environment	113

Annexe A (normative) Défaut interne – Méthode pour essayer l'appareillage sous enveloppe isolante dans des conditions d'arc dû à un défaut interne	114
Annexe B (normative) Mesurage des décharges partielles	144
Annexe C (normative) Essai d'humidité.....	154
Annexe D (informative) Classes de protection.....	162
Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux.....	134
Figure A.2 – Indicateur horizontal	134
Figure A.3 – Position des indicateurs (i) Hauteur de l'équipement (h)	136
Figure A.4 – Simulation du local et position des indicateurs pour la classe d'accessibilité A, unité fonctionnelle à 1,5 m ou plus.....	138
Figure A.5 – Simulation du local et position des indicateurs pour la classe d'accessibilité B, unité fonctionnelle de plus de 2 m de haut	140
Figure A.6 – Simulation du local et position des indicateurs pour la classe d'accessibilité B, unité fonctionnelle de moins de 2 m de haut	142
Figure B.1 – Circuit d'essai de décharges partielles (montage triphasé).....	150
Figure B.2 – Circuit d'essai de décharges partielles (système sans mise à la terre du neutre).....	152
Figure C.1 – Cycle d'essai	160
Figure C.2 – Chambre d'essai.....	160
Figure D.1 – Configurations possibles pour la classe de protection PA	162
Figure D.2 – Configurations possibles pour la classe de protection PB	164
Tableau 1 – Information pour la plaque signalétique	38
Tableau 8.1 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défauts internes.....	100
Tableau 8.2 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe isolante.....	102
Tableau B.1 – Circuits et méthodes d'essais	148

Annex A (normative) Internal fault – Method for testing the insulation-enclosed switchgear and controlgear under conditions of arcing due to an internal fault	115
Annex B (normative) Partial discharge measurement	145
Annex C (normative) Humidity test	155
Annex D (informative) Protection grades	163
Figure A.1 – Mounting frame for vertical indicators	135
Figure A.2 – Horizontal indicator	135
Figure A.3 – Position of indicators (<i>i</i>) Height of equipment (<i>h</i>)	137
Figure A.4 – Room simulation and indicator positioning for accessibility A, functional unit at or above 1,5 m	139
Figure A.5 – Room simulation and Indicator positioning for accessibility B, functional unit above 2m high	141
Figure A.6 – Room simulation and indicator positioning for accessibility B, functional unit below 2 m high	143
Figure B.1 – Partial discharge test circuit (three-phase arrangement)	151
Figure B.2 – Partial discharge test circuit (system without earthed neutral)	153
Figure C.1 – Test cycle	161
Figure C.2 – Test chamber	161
Figure D.1 – Possible designs for protection grade PA	163
Figure D.2 – Possible designs for protection grade PB Bibliography	165
Table 1 – Nameplate information	39
Table 8.1 – Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal faults	101
Table 8.2 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for insulation-enclosed switchgear	103
Table B.1 – Test circuits and procedures	149

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

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

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 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes 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 62271-201 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 60694, deuxième édition, publiée en 1996, son Amendement 1 (2000) et son Amendement 2 (2001), à laquelle elle fait référence et qui est applicable sauf spécification particulière. Pour faciliter le repérage des exigences correspondantes, cette norme utilise une numérotation identique des articles et des paragraphes à celle de la CEI 60694. Les modifications à ces articles et paragraphes sont indiquées sous la même numérotation, alors que les paragraphes additionnels sont numérotés à partir de 101.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

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

This standard should be read in conjunction with IEC 60694, second edition, published in 1996, its Amendment 1 (2000) and its Amendment 2 (2001), to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 60694. Amendments to these clauses and subclauses are given under the same numbering, whilst additional subclauses are numbered from 101.

Cette norme annule et remplace la CEI 60466, seconde édition, publiée en 1987 ainsi que son Amendement 1, publié en 1994.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17C/374/FDIS	17C/378/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 la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

This standard cancels and replaces the IEC 60466, second edition, published in 1987 and its Amendment 1, published in 1994.

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

FDIS	Report on voting
17C/374/FDIS	17C/378/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 the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

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

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62271 spécifie les exigences pour l'appareillage préfabriqué sous enveloppe isolante pour courant alternatif, prévu pour être installé à l'intérieur, pour des tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

L'appareillage sous enveloppe isolante satisfaisant à la présente norme peut, en principe, être touché en toute sécurité.

L'appareillage sous enveloppe isolante 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 est recommandé que les composants compris dans l'appareillage sous enveloppe isolante soient conçus et essayés suivant leurs différentes normes respectives. La présente norme complète les normes des composants spécifiques, concernant leur installation dans les ensembles d'appareillages.

Cette norme n'interdit pas que d'autres équipements puissent être incorporés dans la même enveloppe. Dans de tels cas, il convient de tenir compte de l'influence de cet équipement sur l'appareillage.

NOTE Les ensembles d'appareillages ayant une enveloppe métallique relèvent de la CEI 62271-200.

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 60050-151:1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions 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, *Interrupteurs à haute tension – Partie 1: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV*

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

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

1 General

1.1 Scope

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

Insulation-enclosed switchgear and controlgear complying with this standard can, in principle, be safely touched.

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

Components contained in insulation-enclosed switchgear and controlgear should 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 should be taken into account.

NOTE Switchgear and controlgear assemblies having a metal enclosure are covered by IEC 62271-200.

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 60050-151:1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – 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*

CEI 60270:2000, *Mesures des décharges partielles*

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

CEI 60480: 2004, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

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* ¹
Amendement 1 (2000)
Amendement 2 (2001)

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 1 kV à 72,5 kV destiné à être utilisé dans des conditions climatiques sévères*

CEI 62271-100:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension (précédemment CEI 60056)*

CEI 62271-102:2002, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif (précédemment CEI 60129)*

CEI 62271-105:2002, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles à haute tension pour courant alternatif (précédemment CEI 60420)*

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

2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Sauf spécification contraire dans la présente norme, l'appareillage sous enveloppe isolante est prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service pour l'intérieur.

NOTE Si la température ambiante dépasse la valeur pour les conditions normales de service, un déclassement peut être nécessaire et il peut être nécessaire d'examiner les conditions d'essais.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants 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 supplémentaires ont été classées suivant la classification utilisée dans la CEI 60050(441).

¹ Une édition consolidée est disponible (2002).

IEC 60270:2000, *Partial discharge measurements*

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

IEC 60480:2004, *Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

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

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear*¹
standards

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2001)

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 62271-100:2001, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers* (formerly IEC 60056)

IEC 62271-102:2002, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches* (formerly IEC 60129)

IEC 62271-105:2002, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 105: Alternating current switch-fuse combinations* (formerly IEC 60420)

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 insulation-enclosed switchgear and controlgear is designed to be used under normal indoor service conditions.

NOTE If the ambient temperature exceeds the value for normal service conditions, derating may be necessary, and testing conditions may be considered.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and 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).

¹ A consolidated edition is available (2002).

3.101

appareillage

terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondants

[VEI 441-11-01]

3.102

ensemble (d'appareillage de connexion et de commande)

combinaison d'appareillage de connexion et/ou de commande complètement assemblé avec toutes les liaisons électriques et mécaniques internes

[VEI 441-12-01]

3.103

appareillage sous enveloppe isolante

ensemble d'appareillage, avec une enveloppe isolante externe, entièrement assemblé à l'exception des connexions extérieures

[VEI 441-12-06, modifiée]

NOTE L'isolation externe peut être fournie avec une couche (semi-) conductrice.

3.104

unité fonctionnelle (d'un ensemble)

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

[VEI 441-13-04, modifiée]

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

3.105

unité de transport

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante pouvant être transportée sans être démontée

3.106

enveloppe isolante

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante procurant un degré de protection spécifié du matériel contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre les chocs électriques en limitant l'approche des parties sous tension ou le contact avec elles et contre le contact avec des parties en mouvement.

Le matériau principal de l'enveloppe est de type isolant, et dans le cas où des couches conductrices supplémentaires sont ajoutées, la résistance entre tout point de la couche conductrice et le point de mise à la terre peut être supérieure à 100 mΩ

[VEI 441-13-01, modifiée]

NOTE Si la résistance de l'enveloppe de l'appareillage au point de mise à la terre est partout inférieure ou égale à 100 mΩ, la CEI 62271-200 est applicable.

3.107

compartiment

partie d'un appareillage sous enveloppe isolante fermée à l'exception des ouvertures nécessaires aux interconnexions, à la commande ou à la ventilation

[VEI 441-13-05, modifiée]

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**assembly (of switchgear and controlgear)**

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

[IEV 441-12-01]

3.103**insulation-enclosed switchgear and controlgear**

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

[IEV 441-12-06, modified]

NOTE The external insulation may be supplied with a (semi-)conducting layer.

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

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

[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.

3.105**transport unit**

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

3.106**insulation enclosure**

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

The main material of the enclosure is of insulating type, and, in the case of added conductive layers, the resistance between any point of the conductive layer to the earthing point provided may be more than 100 mΩ

[IEV 441-13-01, modified]

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

3.107**compartment**

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

[IEV 441-13-05, modified]

NOTE 1 Quatre types de compartiments sont différenciés, trois qui peuvent être ouverts, appelés accessibles (voir 3.107.1 / 2/ 3) et un qui ne peut pas être ouvert, appelé non accessible (voir 3.107.4).

NOTE 2 Les compartiments sont identifiés par le ou les composants principaux 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(s), tel que défini par le constructeur, dont le contrôle d'ouverture fait partie intégrante de la conception de l'appareillage

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

3.107.2

compartiment accessible selon procédure

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

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

3.107.3

compartiment accessible par outillage

compartiment contenant des parties à haute tension, et qui peut être ouvert, mais pas pour l'utilisation et pour la maintenance normales. 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 qui ne doit pas être ouvert. L'ouverture peut détruire l'intégrité du compartiment. L'indication de ne pas ouvrir est donnée clairement sur/par le compartiment

NOTE Un composant isolé par enrobage, tel que défini en 3.114, peut généralement être qualifié de "compartiment non accessible".

3.108

cloison

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

[VEI 441-13-06, modifiée]

3.109

appareillage de classe PI

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

[VEI 441-13-07, modifiée]

3.111

cloisonnement métallique (entre conducteurs)

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

NOTE 1 Four types of compartments are distinguished: three that can be opened, called accessible (see 3.107.1/2/3), and one that cannot be opened, called non-accessible (see 3.107.4).

NOTE 2 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

NOTE An insulation embedded component, as defined in 3.114, can generally be qualified as a 'non-accessible compartment'.

3.108

partition

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

[IEV 441-13-06, modified]

3.109

partition class PI

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

3.110

shutter

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

[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 ou une cloison en l'isolant de celle-ci; ce dispositif comporte les moyens de fixation sur l'enveloppe

3.113

matériel

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

3.114

composant isolé par enrobage

composant dont les parties sous tension sont intégralement entourées d'une isolation solide, à l'exception des bornes, des interfaces pour les mécanismes d'entraînement et du câblage auxiliaire

NOTE L'isolation peut faire partie de l'enveloppe isolante.

3.115

circuit principal (d'un ensemble)

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

[VEI 441-13-02, modifiée]

NOTE Les connexions aux transformateurs de tension ne sont pas considérées comme faisant partie du circuit principal.

3.116

circuit de terre

connexion de chaque dispositif 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

3.117

circuit auxiliaire (d'un ensemble)

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

[VEI 441-13-03, modifiée]

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

3.118

dispositif limiteur de pression

dispositif destiné à limiter la pression dans un compartiment rempli de fluide

3.119

compartiment à remplissage de fluide

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

[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 disconnector.

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 insulation-enclosed switchgear and controlgear which serves a specific function (for example, circuit-breaker, disconnector, switch, fuse, instrument transformer, bushing, busbar)

3.114

insulation-embedded component

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

NOTE The insulation may form part of the insulation enclosure.

3.115

main circuit (of an assembly)

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

[IEV 441-13-02, modified]

NOTE Connections to voltage transformers are not considered part of the main circuit.

3.116

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

3.117

auxiliary circuit (of an assembly)

all the conductive parts of insulation-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 insulation-enclosed switchgear and controlgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

3.118

pressure-relief device

device intended to limit the pressure in a fluid-filled compartment

3.119

fluid-filled compartment

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

3.119.1
compartiment à remplissage de gaz

NOTE Se référer à 3.6.5.1 de la CEI 60694.

3.119.2
compartiment à remplissage de liquide

compartiment d'un appareillage sous enveloppe isolante dans lequel le liquide est à pression atmosphérique ou sous une pression qui est maintenue de l'une des manières suivantes:

- a) Système à pression entretenue
- b) Système à pression autonome
- c) Système à pression scellé

NOTE Pour les systèmes à pression, se référer à 3.6.4 de la CEI 60694.

3.120
pression relative

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

3.121
pression minimale de fonctionnement (des compartiments à remplissage de fluide)

pression de gaz (pression relative) en Pa (ou densité) ou masse de liquide, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sous enveloppe isolante sont conservées

3.122
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 masse pour un compartiment rempli de liquide

3.123
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

3.124
température de l'air ambiant (de l'appareillage sous enveloppe isolante)

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

3.125
partie amovible

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

[VEI 441-13-08, modifiée]

3.126
partie débrochable

partie amovible d'un appareillage sous enveloppe isolante qui, tout en demeurant reliée mécaniquement à l'enveloppe, peut être déplacée jusqu'aux positions établissant une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique entre contacts ouverts

[VEI 441-13-09, modifiée]

3.119.1**gas-filled compartment**

NOTE Refer to 3.6.5.1 of IEC 60694.

3.119.2**liquid-filled compartment**

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

- a) Controlled pressure system
- b) Closed pressure system
- c) Sealed pressure system

NOTE For pressure systems, refer to 3.6.4 of IEC 60694.

3.120**relative pressure**

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

3.121**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 insulation-enclosed switchgear and controlgear are maintained

3.122**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

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

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

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

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

3.125**removable part**

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

[IEV 441-13-08, modified]

3.126**withdrawable part**

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

[IEV 441-13-09, modified]

3.127

position de service (position raccordée) (d'une partie amovible)

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

[VEI 441-16-25]

3.128

position de mise à la terre (d'une partie amovible)

position occupée par une partie amovible ou état d'un sectionneur dans lequel la fermeture d'un appareil mécanique de connexion provoque la mise en court-circuit et à la terre d'un circuit principal

[VEI 441-16-26, modifiée]

3.129

position d'essai (d'une partie débrochable)

position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi(e) dans le circuit principal et dans laquelle les circuits auxiliaires sont raccordés

[VEI 441-16-27]

3.130

position de sectionnement (d'une partie débrochable)

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

[VEI 441-16-28, modifiée]

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

3.131

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, modifiée]

3.132

catégorie de perte de continuité de service

LSC (loss of service continuity category)

catégorie définissant les possibilités de maintenir sous tension d'autres compartiments et/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 à un compartiment du 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).

3.132.1

appareillage de catégorie LSC2

appareillage qui comporte d'autres compartiments accessibles que le compartiment jeu de barres d'un appareillage à simple jeu de barres.

Appareillage sous enveloppe isolante pour lequel, quand un compartiment accessible 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.

3.127**service position (connected position) (of a removable part)**

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

[IEV 441-16-25]

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

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]

3.129**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]

3.130**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 insulation-enclosed switchgear and controlgear, the auxiliary circuits may not be disconnected.

3.131**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]

3.132**loss of service continuity category****LSC**

category defining the possibility to keep other compartments and/or functional units energized 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).

3.132.1**category LSC2 switchgear and controlgear**

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

For insulation-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.

On distingue deux sous-catégories:

LSC2B: appareillage de catégorie LSC2 dans lequel le compartiment câble peut rester sous tension lorsque tout autre compartiment accessible de l'unité fonctionnelle correspondante est ouvert.

LSC2A: appareillage de catégorie LSC2 autre que LSC2B.

3.132.2

appareillage de catégorie LSC1

appareillage sous enveloppe isolante autre que de catégorie LSC2

3.133

appareillage de classe arc interne

IAC (internal arc classified switchgear and controlgear)

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

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

3.134

degré de protection

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

[CEI 60529:1989, définition 3.3, modifiée]

3.135

valeur assignée

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'un matériel, d'un dispositif ou d'un équipement

[VEI 151-16-08, modifiée]

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

3.136

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 autorégénératrice).

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 milieu gazeux ou liquide;
- le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.137

choc électrique

effet physiologique résultant du passage d'un courant électrique à travers le corps humain ou celui d'un animal

[VEI 195-01-04]

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.

3.132.2

category LSC1 switchgear and controlgear

insulation-enclosed switchgear and controlgear other than category LSC2

3.133

internal arc classified switchgear and controlgear

IAC

insulation-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.

3.134

degree of protection

extent of protection provided by an insulation 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.

[IEC 60529:1989, definition 3.3, modified]

3.135

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.

3.136

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 a gaseous or liquid medium;
- the term “puncture” is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

3.137

electric shock

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

[IEV 195-01-04]

3.138

classe de protection contre les chocs électriques

classe de protection de l'enveloppe isolante contre les chocs électriques

3.138.1

classe de protection PA

pour la classe de protection PA, l'isolation est généralement suffisante pour les parties de l'enveloppe qui sont touchées par des personnes de manière accidentelle ou par inadvertance

3.138.2

classe de protection PB

la classe de protection PB est considérée comme adaptée aux parties qui sont susceptibles d'être touchées. On distingue 2 conceptions différentes pour la classe PB:

- PB1 avec une isolation supplémentaire en plus de l'isolation de classe PA, servant de dispositif de protection au cas où l'isolation de classe de protection PA serait endommagée.
- PB2 avec un capot/une couche conducteur (-trice) mis(e) à la terre en plus de l'isolation de classe PA. La résistance entre les points de cette couche conductrice qui sont susceptibles d'être touchés et le point de mise à la terre doit être inférieure à 100 mΩ (se référer à 3.106)

4 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées d'un appareillage sous enveloppe isolante 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 mise à la terre);
- h) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante, 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 composants faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante 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.

3.138**protection grade against electric shock**

grade of protection of the insulation enclosure against electric shock

3.138.1**protection grade PA**

for protection grade PA the insulation is generally sufficient for those parts of the enclosure which are touched by persons only accidentally or inadvertently

3.138.2**protection grade PB**

protection grade PB is considered as suitable for parts which are liable to be touched. Two different designs for class PB are recognized:

- PB1 with an extra insulation in addition to the grade PA insulation, as a safeguard in case the protection grade PA insulation is damaged;
- PB2 with an earthed conductive cover/layer in addition to the grade PA insulation. The resistance between the points of this conductive layer that are liable to be touched, to the earthing point provided shall be less than 100 mΩ (refer to 3.106).

4 Ratings

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

- a) rated voltage (U_r) and number of phases;
- b) rated insulation level;
- c) rated frequency (f_r);
- d) rated normal current (I_r) (for main circuits);
- e) rated short-time withstand current (I_k) (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 insulation-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 insulation-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 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 avec le complément suivant:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante (par exemple jeux de barres, circuits d'alimentation) 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 sous enveloppe isolante qui font l'objet de spécifications particulières 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 admissibles de température et d'échauffement à considérer pour les jeux de barres sont, suivant le cas, les valeurs maximales spécifiées pour les contacts, les raccords ou les pièces métalliques en contact avec des isolants.

L'échauffement des enveloppes et des capots accessibles ne doit pas dépasser 30 K pour les surfaces métalliques et 40 K pour les surfaces isolantes. Dans le cas d'enveloppes et de capots accessibles mais non prévus pour être touchés pendant la manœuvre normale, la limite de l'échauffement peut être augmentée de 10 K, s'ils 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 mise à la 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 mise à la 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 dépasser les valeurs assignées correspondantes des composants 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 assignée de court-circuit (t_k)

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

Une valeur de durée assignée de court-circuit doit aussi être définie pour le circuit de mise à la 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.

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

4.4.2 Temperature rise

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

The temperature rise of components contained in the insulation-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 for metal surfaces and 40 K for insulation surfaces. In the case of enclosures and covers that are accessible but need not be touched during normal operation, the temperature-rise limit may be increased by 10 K, if not accessible to 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 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande

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 isolante 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 de tension des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques pouvant provoquer un choc électrique, puissent être effectuées sans risque pour le personnel.

Pour les appareillages sous enveloppe isolante, il est nécessaire de prendre en considération les conditions de condensation et d'humidité puisque ces appareils doivent être sûrs pour les personnes qui les touchent, non seulement à sec, mais aussi avec de la condensation sur les surfaces isolantes.

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

Les parties amovibles et les matériels de caractéristiques assignées de courant et d'isolation supérieures ou égales peuvent être installés à la place des parties amovibles et des matériels de caractéristiques assignées de courant et d'isolation inférieures ou égales si la conception des parties amovibles, des matériels et des compartiments permet l'interchangeabilité mécanique. Cela ne s'applique généralement pas aux dispositifs limiteurs de courant.

NOTE L'installation de parties amovibles ou de composants de caractéristiques assignées de courant et d'isolation supérieures n'augmente pas nécessairement les performances de l'unité fonctionnelle ou n'implique pas que l'unité fonctionnelle est capable de fonctionner aux caractéristiques assignées augmentées des parties amovibles ou des composants.

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

Pour les circuits principaux avec des fusibles limiteurs de courant, 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.

4.9 Rated supply frequency of operating devices and of auxiliary and control 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

Insulation-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 electrostatic charges that may result in electric shock, can be carried out safely.

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

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

Removable parts and components of equal or greater current and insulation ratings may be installed in place of removable parts and components of equal or lesser current and insulation ratings where the design of these removable parts and components and compartment allows mechanical 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 the functional unit is capable of operation at the increased ratings of the removable part or component.

The various components within the insulation 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 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 (SF₆) conforme à la CEI 60480 peut être utilisé.

NOTE Pour la manipulation du SF₆, voir la CEI 61634.

5.3 Mise à la terre de l'appareillage

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

Toutes les parties métalliques accessibles qui ne font pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire, et qui peuvent rassembler des charges électriques qui peuvent entraîner des chocs électriques, doivent être raccordées à la borne de terre, directement ou par les charpentes métalliques. De plus, les cadres métalliques et les couches conductrices doivent toujours être raccordés à la borne de terre, directement ou par les charpentes métalliques.

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 à neutre raccordé directement à la terre, le courant de court-circuit maximal du circuit de terre peut atteindre le courant de courte durée admissible assigné au circuit principal.

NOTE 2 Pour les systèmes autres que ceux à neutre directement à la terre, le courant de courte durée maximal du circuit de terre peut atteindre 87 % du courant de courte durée admissible assigné au circuit principal (court-circuit correspondant au défaut de double mise 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 qui deviennent accessibles après avoir été séparées de l'appareillage.

5.3.2 Conducteur de terre

Un conducteur de terre doit être disposé sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe isolante. 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 Afin de servir de guide, voir la méthode de calcul des sections de conducteurs donnée dans la CEI 60724, Article 3.

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.

5.2 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 handling of SF₆, refer to IEC 61634.

5.3 Earthing of switchgear and controlgear

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

All accessible metal parts, which do not belong to a main or auxiliary circuit and which can collect electric charges that may result in electrical shock, shall be connected to the earthing terminal direct or through metallic structural parts. Thereupon, metallic frames and conductive layers shall always be connected to the earthing terminal direct or through metallic structural parts.

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 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 conductor

An earthing conductor shall be provided extending the whole length of the insulation-enclosed switchgear and controlgear. The current density in the earthing conductor, if of copper, shall not exceed 200 A/mm² for a rated duration of short circuit of 1 s, and 125 A/mm² for a rated duration of short circuit of 3 s. However, its cross-section shall be not less than 30 mm². 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 As guidance, reference is made to a method of calculating cross-sectional areas of conductors given in IEC 60724, Clause 3.

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 Mise à la terre des parties débrochables et amovibles

Les parties métalliques des parties débrochables normalement mises à la terre doivent rester raccordées à la terre dans les positions d'essai et débrochée, ainsi que dans toutes les positions intermédiaires. Les connexions de terre dans toutes les positions ne doivent pas présenter une résistance supérieure à 100 mΩ (à 30 A en courant continu) par rapport au point de mise à la terre.

NOTE Cette exigence concernant la résistance ne s'applique pas aux couches conductrices de contrôle de champ lorsque la classe PA est applicable (voir 3.138.1).

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 les compléments suivants:

Les appareillages sous enveloppe isolante doivent être munis de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements selon le Tableau 1.

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 not exceed 100 mΩ resistance (at 30 A d.c.) to the earthing point provided.

NOTE This demand on resistance does not apply to field steering conductive layers where grade PA is applicable (refer to 3.138.1).

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 (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 closing

Subclause 5.5 of IEC 60694 is applicable.

5.6 Stored energy closing

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:

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be provided with durable and clearly legible nameplates which shall contain the information in accordance with Table 1.

Tableau 1 – Information pour la plaque signalétique

	Abré- viation	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 fabrication			X	
Norme applicable			X	
Tension assignée	U_r	kV	X	
Fréquence assignée	f_r	Hz	X	
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	U_p	kV	X	
Tension de tenue assignée à fréquence industrielle	U_d	kV	X	
Courant assigné en service continu	I_r	A	X	
Courant de courte durée admissible assigné (pour les circuits principaux et de terre)	I_k	kA	X	
Valeur de crête du courant admissible assigné (pour les circuits principaux et de terre)	I_p	kA	Y	Différente de 2,5 pour 50 Hz et de 2,6 pour 60 Hz
Durée assignée du court-circuit (pour les circuits principaux et de terre)	t_k	s	X	
Masse du matériau isolant principal		kg	X	
Niveau assigné de remplissage pour l'isolation	p_{re}	Pa ou kg	(X)	
Niveau d'alarme pour l'isolation	p_{ae}	Pa ou kg	(X)	
Niveau minimal de fonctionnement pour l'isolation	p_{me}	Pa ou kg	(X)	
Masse du fluide isolant		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.

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	
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	X	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	
Mass of main insulating material		kg	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)	
Mass of insulating fluid		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 the 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 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 5.11 de la CEI 60694 est applicable avec les ajouts suivants:

Des verrouillages entre les différents composants 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 isolante contenant des parties amovibles:

Le débrogage ou l'embrogage d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si ceux-ci se trouvent dans la position d'ouverture.

La manœuvre d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si ceux-ci se trouvent dans la position de service, de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre.

Dans la position de service, le verrouillage doit empêcher la fermeture d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur, sauf si tous les circuits auxiliaires prévus pour l'ouverture automatique de ces dispositifs sont raccordés. Inversement, il doit être impossible de déconnecter les circuits auxiliaires, le disjoncteur étant fermé, en position de service.

b) Appareillage sous enveloppe isolante 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 62271-102). La manœuvre d'un sectionneur ne doit être possible que lorsque le disjoncteur, l'interrupteur ou le contacteur se trouve en position d'ouverture.

NOTE 1 On peut passer outre cette règle si, dans un système à deux jeux de barres, il est possible d'avoir un transfert sans coupure d'un jeu de barres à l'autre.

La manœuvre du disjoncteur, de l'interrupteur ou du contacteur ne doit être possible que si le sectionneur associé se trouve en position d'ouverture, de fermeture ou de mise à la terre (si elle existe).

La mise à disposition de verrouillages supplémentaires ou différents doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires sur le but et le mode de fonctionnement des verrouillages.

Il convient que les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit assigné inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné du circuit principal soient verrouillés avec 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 de cadenas).

Dans le cas de mise à la terre d'un circuit par l'appareil de connexion principal (disjoncteur, interrupteur ou contacteur) en série avec un sectionneur de terre, ce sectionneur de terre doit être verrouillé avec l'appareil de connexion principal. Des dispositions doivent être prises afin de protéger l'appareil de connexion principal contre les ouvertures involontaires, par exemple par déconnexion des circuits de déclenchement et blocage du déclenchement mécanique.

NOTE 2 Un sectionneur dans la position de mise à la terre peut être utilisé à la 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 d'alimentation auxiliaire. Cependant, pour des commandes d'urgence, le constructeur peut fournir des dispositifs supplémentaires pour des manœuvres manuelles sans verrouillage. Dans ce cas, le constructeur doit clairement les identifier et doit définir les procédures de manœuvre.

5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de la CEI 60694 est applicable.

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) Insulation-enclosed switchgear and controlgear with removable parts:

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

The operation of a circuit-breaker, switch or contactor shall be prevented unless it is 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) Insulation-enclosed switchgear and controlgear provided with disconnectors:

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

NOTE 1 This rule 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 the 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 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 60694 est applicable. Cependant, pour 5.13.3, l'énergie d'impact est limitée à 1 J.

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 Inflammabilité

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

Les appareillages sous enveloppe isolante qui satisfont aux exigences de la présente norme, sont conçus et fabriqués, en principe, pour éviter les défauts internes.

L'utilisateur doit les 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 de l'enveloppe d'un appareillage sous enveloppe isolante, due 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 8.1 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 prises pour assurer le niveau de protection des personnes le plus élevé dans le cas d'un arc interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement.

Parmi ces mesures, on peut citer par exemple:

- Temps d'élimination du défaut rapide par l'utilisation de capteurs sensibles à la lumière, à la pression ou à la chaleur ou par des protections différentielles des jeux de barres.

5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 60694 is applicable. However for 5.13.3, the impact energy is limited to 1 J.

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

Insulation-enclosed switchgear and controlgear that satisfies 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear due either to a defect or an exceptional service condition or mal-operation 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 8.1 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.

- Utilisation de fusibles adaptés en combinaison avec les appareils de connexion pour diminuer le courant atteint et la durée du défaut.
- Elimination rapide de l'arc en le commutant sur un court-circuit métallique au moyen de dispositifs de détection et de fermeture rapides (suppresseur d'arc).
- Commande à distance.
- Dispositif de décharge pression.
- Déplacement de la partie débrochable vers ou depuis la position de service uniquement lorsque la porte avant est fermée.

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

5.102 Enveloppe isolante

5.102.1 Généralités

L'enveloppe isolante complète ainsi que les matériaux utilisés dans la construction doivent être capables de supporter les contraintes mécaniques, électriques et thermiques aussi bien que les effets de l'humidité et du vieillissement qui sont susceptibles d'être rencontrés dans les conditions normales de service.

Les parties principales de l'enveloppe isolante peuvent être considérées comme constituées d'une isolation non auto-régénératrice.

Lorsque l'appareillage sous enveloppe isolante est installé, l'enveloppe doit fournir au moins le degré de protection IP 2X, conformément à la CEI 60529. Les murs et le plancher d'un local ne doivent pas être considérés comme des parties de l'enveloppe.

Les parties de l'enveloppe qui limitent des compartiments non accessibles doivent être munies d'une indication claire signifiant qu'elles ne doivent pas être démontées.

L'enveloppe isolante complète doit aussi assurer une protection conforme aux conditions qui suivent.

5.102.2 Classe de protection de l'enveloppe isolante contre les chocs électriques

L'enveloppe isolante doit assurer la protection des personnes contre les chocs électriques lors du contact avec l'enveloppe ou de la manœuvre de l'appareillage sous enveloppe isolante. On distingue les deux classes de protection suivantes:

La *classe de protection PA* avec une isolation qui satisfait à toutes les exigences données aux points a) à d) de 5.102.3 est généralement suffisante pour les parties de l'enveloppe qui sont touchées par des personnes uniquement, accidentellement ou par inadvertance.

La *classe de protection PB* est considérée comme adaptée aux parties qui sont susceptibles d'être touchées lors de la manœuvre, du remplacement de parties amovibles ou lors de la réalisation d'autres travaux de maintenance normaux. On distingue 2 conceptions différentes pour la classe PB:

- PB1 avec une isolation qui satisfait, en plus de celles de la classe de protection PA, aux exigences données au point e) ou f) de 5.102.3, servant de dispositif de sécurité au cas où l'isolation de classe de protection PA serait endommagée.

- 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 for providing the prescribed level of protection of persons in case of an internal arc, occurring entirely in air within the enclosure of the insulation-enclosed switchgear and controlgear, can be verified by testing according to Annex A. Designs which have been successfully tested qualify as IAC classified.

5.102 Insulation enclosure

5.102.1 General

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

The main parts of the insulation enclosure may be considered as consisting of non-self-restoring insulation.

When the insulation-enclosed switchgear and controlgear is installed, the enclosure shall provide at least the degree of protection IP 2X according IEC 60529. The walls and the floor 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 complete insulation enclosure shall also ensure protection in accordance with the following conditions.

5.102.2 Protection grade of the insulation enclosure against electric shock

The insulation enclosure shall provide protection of persons against electric shock when touching the enclosure or operating insulation-enclosed switchgear and controlgear. The following two grades of protection are distinguished.

Protection grade PA with an insulation which meets all the requirements given in the items a) to d) of 5.102.3 is generally sufficient for those parts of the enclosure which are touched by persons only accidentally or inadvertently.

Protection grade PB is considered as suitable for parts which are liable to be touched when operating, when replacing removable parts or when carrying out other normal maintenance work. Two different designs for grade PB are distinguished:

- PB1 with an insulation which meets, in addition to those of protection grade PA, the requirements given in item e) or f) of 5.102.3 as a safeguard in case the protection grade PA insulation is damaged.

- PB2 avec une isolation de classe de protection PA, munie d'un capot électriquement conducteur à la terre ou une couche conductrice mise à la terre. Ce capot ou cette couche conductrice mise à la terre doit satisfaire aux exigences données au point g) de 5.102.3, servant de dispositif de sécurité pour démontrer que l'isolation de classe de protection PA est suffisante.

5.102.3 Exigences pour les classes de protection

Se référer à l'Annexe D, informative, pour des clarifications.

Pour la classe de protection PA, l'enveloppe isolante doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) L'isolation entre les parties du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante de l'ensemble complet doit être capable de tenir les tensions d'essai spécifiées en 6.2.6 pour les essais diélectriques à la terre et entre phases.
- b) Outre les considérations mécaniques, l'épaisseur du matériau isolant des enveloppes isolantes doit être suffisante pour tenir les tensions d'essai spécifiées au point a). Les méthodes spécifiées dans la CEI 60243, sont recommandées pour démontrer les performances exigées.
- c) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface intérieure des cloisons et volets en matériau isolant en face de ces parties sous tension doit tenir au moins 150 % de la tension assignée de l'équipement.
- d) Les courants capacitifs et les courants de fuite ne doivent pas être supérieurs à 0,5 mA dans les conditions d'essai spécifiées (voir 6.104.2). Les courants de fuite peuvent atteindre la surface accessible de l'isolation par un chemin continu sur les surfaces isolantes ou par un chemin interrompu seulement par d'étroits espaces de gaz ou de liquide.

Pour la classe de protection PB1, les exigences de la classe de protection PA et l'une des exigences supplémentaires suivantes doivent être satisfaites par l'enveloppe isolante:

- e) L'enveloppe isolante doit se composer d'au moins deux couches de matériau isolant, dont l'une doit satisfaire aux exigences du point b). L'autre couche doit être capable de tenir uniquement à une tension d'essai à fréquence industrielle de 1 min égale à 150 % de la tension assignée. Il ne doit pas être possible de retirer l'isolation supplémentaire sans l'aide d'un outil.
- f) L'enveloppe isolante contient un fluide isolant ou de l'air ambiant. Dans ces cas, il faut s'assurer que l'isolation du circuit principal, par rapport à la surface interne de l'enveloppe isolante, est capable de tenir une tension d'essai à fréquence industrielle de 1 min égale à 150 % de la tension assignée, même lorsque l'isolant liquide ou gazeux est remplacé par de l'air ambiant à pression atmosphérique normale.

NOTE 1 Dans ce cas, l'exigence supplémentaire pour la protection PB est obtenue sur la face intérieure de la protection PA. Voir aussi la Figure D.2b de l'Annexe D.

Pour la classe de protection PB2, les exigences de la classe de protection PA et l'exigence supplémentaire suivante doivent être satisfaites:

- g) Le capot conducteur ou la couche conductrice, mis(e) à la terre, doit fournir une résistance maximale de 100 mΩ (sous 30 A c.c.) au point installé de mise à la terre.

NOTE 2 Si la classe PB2 est assurée sur l'ensemble de l'appareillage, la CEI 62271-200 est applicable.

NOTE 3 Si la résistance du capot ou de la couche conducteur (-trice) mis(e) par rapport au point de mise à la terre est supérieure à 100 mΩ (à 30 A c.c.), la classe PA est applicable.

5.102.4 Capots et portes

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

- PB2 with an insulation of protection grade PA, supplied with an earthed conductive cover or layer. This earthed conductive cover or layer shall meet the requirements given in item g) of 5.102.3. as a safeguard to demonstrate that the protection grade PA insulation is sufficient.

5.102.3 Requirements for protection grades

Reference is made to the informative Annex D for clarification.

For protection grade PA, the insulation enclosure shall meet the following requirements:

- a) The insulation between parts of the main circuit and the accessible surface of the insulation enclosure of the total assembly shall be capable of withstanding the test voltages specified in 6.2.6 for dielectric tests to earth and between phases.
- b) Apart from mechanical considerations, the thickness of the insulating material of insulation enclosures shall be sufficient to withstand the test voltages specified in item a). The methods specified in IEC 60243 should be applied to the tests to meet the relevant requirements.
- 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) Capacitive and leakage currents shall not be greater than 0,5 mA under the specified test conditions (refer to 6.104.2). Leakage currents may reach the accessible side of the insulation by a continuous path over insulating surfaces or by a path broken only by small gaps of gas or liquid.

For protection grade PB1, the requirements of protection grade PA and one of the following additional requirements shall be met by the insulation enclosure.

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

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

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

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

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

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

5.102.4 Covers and doors

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

Quand des orifices de ventilation, d'échappement des gaz ou des regards d'inspection sont prévus dans les capots ou les portes, il est fait référence à 5.102.6/7.

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

- a) Capots ou portes donnant accès à des compartiments accessibles par outillage. Ils 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 exigences d'absence de tension/courant dans le circuit principal pour les manœuvres des appareils de connexion (le cas échéant) quand les opérations de maintenance se font portes ou capots ouverts.

- b) Capots ou portes donnant accès à des compartiments accessibles contrôlés par verrouillage ou selon procédure. Ces capots ou portes doivent être fournis s'il est nécessaire d'accéder aux compartiments pour l'usage normal et/ou la maintenance normale tels que définis par le constructeur. Ces capots ou portes ne doivent pas nécessiter d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement et doivent comporter les éléments suivants:

- Compartiments accessibles contrôlés par interverrouillage: Ceux-ci doivent être munis de dispositifs 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 rendu accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position débroschée avec les volets clos;
- Compartiments accessibles selon procédure: ceux-ci doivent être équipés de moyens de condamnation, par exemple cadenas.

NOTE 3 Il convient que l'utilisateur mette en place des procédures appropriées pour s'assurer qu'un compartiment à accès contrôlé par procédure ne puisse être ouvert que si la partie du circuit principal contenue dans le compartiment rendu accessible est hors tension et à la terre, ou dans une position débroschée avec les volets clos. Des procédures peuvent être imposées par les lois et règlements du pays de l'installation, ou par les instructions de sécurité de l'utilisateur.

5.102.5 Cloisons ou volets faisant partie de l'enveloppe

Si les cloisons ou volets deviennent partie de l'enveloppe avec la partie amovible dans une des positions définies de 3.128 à 3.131, elles (ils) doivent procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe. Dans ce cas, les volets doivent également satisfaire aux exigences spécifiées pour la classe de protection PB, s'ils sont susceptibles d'être touchés.

NOTE 1 Une cloison ou un volet devient partie de l'enveloppe si elle (il) est accessible dans l'une des positions définies de 3.128 à 3.131 et si aucune porte n'est prévue, qui peut être fermée dans les positions définies de 3.127 à 3.131.

NOTE 2 S'il est prévu une porte pouvant être fermée dans les positions définies de 3.127 à 3.131, la cloison ou le volet derrière cette porte n'est pas considéré(e) comme faisant partie de l'enveloppe.

5.102.6 Regards

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

Les regards doivent être fermés par des plaques transparentes ayant une résistance mécanique comparable à celle de l'enveloppe isolante. Ils doivent au moins satisfaire aux exigences des enveloppes isolantes spécifiées pour la classe de protection PB.

5.102.7 Orifices de ventilation et d'échappement des gaz

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

When ventilating openings, vent outlets or inspection windows are incorporated in the cover or door, reference is made to 5.102.6/7.

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

- a) Covers or doors that give access to tool-based accessible compartments. They 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 shall be provided with interlocking devices so that opening of the compartment shall only be possible when the part of the main circuit contained in the compartment being made accessible is dead and earthed, or in the disconnected position with corresponding shutters closed,
- Procedure-based accessible compartments: these shall be provided with provision for locking, for example, padlocking.

NOTE 3 Suitable procedures 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.

5.102.5 Partition or shutter being part of the enclosure

If partitions or shutters become part of the enclosure with the removable part in any of the positions defined in 3.128 to 3.131, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure. In this case shutters also shall meet the requirements specified for protection grade PB, if liable to be touched.

NOTE 1 A partition or shutter becomes a part of the enclosure, if it is accessible in any of the positions defined in 3.128 to 3.131 and if no door is provided which can be closed in the positions defined in 3.127 to 3.131.

NOTE 2 If a door is provided which can be closed in the positions defined in 3.127 to 3.131 the partition or shutter behind the door is not considered to be a part of the enclosure.

5.102.6 Inspection windows

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

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

5.102.7 Ventilating openings, vent outlets

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

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 jeux de barres, compartiment câble, etc.

Quand des extrémités de câbles sont contenues dans un compartiment avec d'autres matériels principaux (par exemple disjoncteur, jeux de barres, etc.), alors sa désignation doit être essentiellement celle de l'autre matériel principal.

NOTE Les compartiments peuvent être également identifiés d'après plusieurs des matériels contenus, par exemple compartiment câble/transformateur de courant, etc.

Les compartiments peuvent être de types différents, par exemple:

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

Les matériels principaux enrobés individuellement de matériau isolant solide sont considérés comme des compartiments.

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

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

5.103.2 Compartiments à remplissage de fluide (gaz ou liquide)

5.103.2.1 Généralités

Les compartiments doivent être capables de supporter les pressions normales et transitoires auxquelles ils sont soumis en service.

Les compartiments à remplissage de gaz, quand ils sont sous pression permanente en service, sont soumis à des conditions de service particulières qui les différencient des réservoirs d'air comprimé ou des réservoirs de stockage similaires. Ces conditions sont les suivantes:

- les compartiments à remplissage de gaz sont remplis normalement avec un gaz non corrosif, complètement sec, stable et inerte; comme il est fondamental pour le bon fonctionnement de l'appareillage de maintenir ce gaz dans cet état avec seulement de faibles variations de pression, et comme les compartiments ne seront pas soumis à une corrosion interne, la prise en compte de ces facteurs est inutile pour la conception des compartiments;
- la pression calculée est inférieure ou égale à 300 kPa (pression relative).

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 are considered as compartments.

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).

5.103.2.2 Conception

La conception d'un compartiment à remplissage de fluide doit être basée sur la nature du fluide, la température calculée et, si applicable, sur le niveau de calcul défini dans la présente norme.

La température de calcul d'un compartiment à remplissage de fluide est généralement la limite supérieure de la température de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement du fluide dû au passage du courant assigné en service continu. La pression de calcul de l'enveloppe doit être au moins égale à la limite supérieure de la pression 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) la différence totale de pression possible de part et d'autre des parois ou des cloisons du compartiment, y compris en cas de mise à vide éventuelle durant le remplissage ou la maintenance;
- b) la pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments dans le cas de compartiments adjacents ayant 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 dépasse 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 3.121).

Une cloison séparant un compartiment à remplissage de gaz d'un compartiment voisin rempli avec un liquide, telle qu'une boîte à câble ou un transformateur de tension, ne doit présenter aucune fuite pouvant affecter les propriétés diélectriques des deux milieux.

5.103.2.4 Décharge de pression des compartiments à remplissage de fluide

Si des dispositifs ou conceptions limiteurs de pression sont fourni(e)s, ils (elles) doivent être placé(e)s 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 calculée. 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 de rupture.

5.103.3 Cloisons et volets

Pour les besoins de la présente norme, seule la classe PI est définie pour des cloisons et des volets entre les compartiments ouverts et les parties sous tension du circuit principal, voir 3.109.

Les cloisons et volets doivent assurer au moins un degré de protection IP2X selon la CEI 60529.

Les cloisons doivent assurer la protection mécanique contre la pression de gaz normale présente dans le compartiment adjacent (si applicable).

5.103.2.2 Design

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

The design temperature of the fluid-filled compartment is generally the upper limit of ambient air temperature increased by the temperature rise of the fluid due to the flow of rated normal current. The design pressure of the 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 3.121).

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, a bursting disc.

5.103.3 Partitions and shutters

For the purpose of this standard, only class PI is defined for partitions and shutters between opened compartments and live parts of the main circuit, refer to 3.109.

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).

Les conducteurs passant à travers des cloisons doivent être munis de traversées ou tout autre moyen équivalent pour procurer le niveau IP requis.

L'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante et les cloisons des compartiments contenant des ouvertures, pour permettre l'embrochage des contacts des parties amovibles ou débrochables et des contacts fixes, doivent être munies de volets automatiques qui, manœuvrés correctement pendant les opérations normales d'exploitation, assurent la sécurité des personnes dans chacune des positions définies de 3.127 à 3.131. Des moyens appropriés doivent assurer les manœuvres fiables des volets, par exemple un entraînement mécanique, où les volets sont obligés de suivre le mouvement de la partie amovible ou débrochable.

Pour les parties amovibles qui ne sont pas débrochables, les positions selon 3.128, 3.129 et 3.130 ne sont pas applicables. Dans ce cas, une cloison insérée temporairement est également autorisée.

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 d'un regard ou d'un indicateur de position fiable.

S'il est nécessaire, lors des travaux de maintenance ou d'essais, d'ouvrir des volets pour atteindre un ou plusieurs jeux de contacts fixes, tous les volets doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser, indépendamment, en position de fermeture. Si, lors des travaux de maintenance ou d'essais, la fermeture automatique des volets a été supprimée pour garder les volets en position ouverte, il ne doit pas être possible de remettre l'appareil de connexion dans sa position de service avant que la manœuvre automatique des volets ne soit rétablie. Cela peut être obtenu par l'action même de remise en position de service de l'appareillage de connexion.

Il est admis d'utiliser une cloison insérée temporairement pour protéger des contacts fixes exposés sous tension, voir 10.4.

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 aussi inclure les essais de fonctionnement mécanique conformes à la CEI 62271-102.

L'exigence selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position de fonctionnement du sectionneur ou du sectionneur de terre est considérée comme satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance de sectionnement est visible;
- la position de la partie débrochable, par rapport à la partie fixe, est nettement visible et les positions correspondant à l'embrochage complet et à l'isolation complète sont indiquées clairement;
- la position de la partie débrochable est indiquée par un dispositif indicateur fiable.

NOTE 1 Dans certains pays, la réglementation impose que la distance de sectionnement soit visible.

NOTE 2 Voir la CEI 62271-102.

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

Openings in the enclosure of insulation-enclosed switchgear and controlgear and in the partitions of compartments through which contacts of removable or withdrawable parts engage fixed contacts shall be provided with automatic shutters operated in normal service operations to assure the protection of persons in any of the positions defined in 3.127 to 3.131. 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.

For removable parts that are not withdrawable, positions according to 3.128, 3.129 and 3.130 are not applicable. In this case a temporary inserted partition is also allowed.

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

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

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

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 disconnecter or earthing switch is met if one of the following conditions is fulfilled:

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

NOTE 1 In some countries regulations require that the isolating distance is visible.

NOTE 2 Refer to IEC 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 des forces pouvant se produire en service, en particulier 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 spécifié des personnes en cas d'arc interne. Cela est obtenu par exemple quand la manœuvre n'est possible que si les portes et les capots destinés à la protection des personnes sont fermés. D'autres conceptions assurant un niveau équivalent de protection sont admises. L'efficacité des conceptions retenues doit être validée par des essais (voir Article A.1).

Les courants de fuite à travers la distance de sectionnement ne doivent pas dépasser 0,5 mA. Le mesurage des courants de fuite doit être effectué conformément à la méthode spécifiée en 6.104.2.

5.105 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles

Lorsqu'il n'est pas pratique de déconnecter le câble de l'appareillage sous enveloppe isolante, les parties qui restent connectées au câble doivent être capables de tenir les tensions d'essai des câbles telles que déclarées par le constructeur et basées sur les normes de câble correspondantes. Cela 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'isolement.

Se référer à l'essai diélectrique défini 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 sur le câble tandis que l'autre extrémité de la distance de sectionnement de l'appareillage 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 isolante 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 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 de ce type.

Les essais de type et vérifications comprennent:

Paragraphe

Les essais de type obligatoires:

- | | |
|---|------------|
| a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement | 6.2 |
| b) Essai de vérification de l'échauffement de n'importe quelle partie de l'équipement et mesurage de la résistance des circuits | 6.5 et 6.4 |

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 the 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).

Leakage currents across the isolating distance shall not exceed 0,5 mA. The measurement of leakage currents shall be carried out in accordance with the method specified in 6.104.2.

5.105 Provisions for dielectric tests on cables

When it is not practical to disconnect the cable from the insulation-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 the 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 insulation-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, rating and possible combinations of components, it is not practicable to make type tests with all arrangements of the switchgear and controlgear. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

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:

	Subclause
Mandatory type tests:	
a) Tests to verify the insulation level of the equipment	6.2
b) Test to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of circuits	6.5 and 6.4

	Paragraphe
c) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et de terre à supporter la valeur de crête du courant assigné et le courant de courte durée admissible assigné	6.6
d) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement	6.101
e) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion et des parties amovibles contenus dans l'équipement	6.102
f) Essais de vérification de la protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et de la protection du matériel contre la pénétration des corps solides étrangers	6.7
g) Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques	6.104
h) Essais de détection de certains défauts dans l'isolation solide de l'équipement par le mesurage des décharges partielles	6.2.9

Les essais de type obligatoires, si applicable:

i) Essais de vérification de la résistance des compartiments à remplissage de gaz	6.103
j) Essais d'étanchéité des compartiments à remplissage de gaz ou de liquide	6.8
k) Essais pour évaluer les effets d'un arc dus à un défaut interne (pour l'appareillage de la classe IAC)	6.105
l) Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	6.9

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

m) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les impacts mécaniques	6.7
n) Essais de vérification de la stabilité thermique des matériaux isolants	6.106
o) Essais d'évaluation des effets de la condensation sur les surfaces isolantes	6.107
p) Essais de pollution artificielle	6.2.8
q) Essais diélectriques sur les circuits d'essai des câbles	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 Regroupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 60694 est applicable avec la modification suivante:

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

6.1.2 Informations pour l'identification des modèles

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essais de type

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 60694 est applicable.

	Subclause
c) Tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents	6.6
d) Tests to prove the making and breaking capacity of the included switching devices	6.101
e) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices and removable parts	6.102
f) Tests to verify the protection of persons against approach to hazardous parts and the protection of the equipment against solid foreign objects	6.7
g) Tests to verify the protection of persons against electric shock	6.104
h) Tests to detect certain defects in the solid insulation of the equipment by the measurement of partial discharges	6.2.9

Mandatory type tests, where applicable:

i) Tests to verify the strength of gas-filled compartments	6.103
j) Tightness tests of gas- or liquid-filled compartments	6.8
k) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault (for switchgear and controlgear classification IAC)	6.105
l) Electromagnetic compatibility tests (EMC)	6.9

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

m) Tests to verify the protection of the equipment against mechanical impact	6.7
n) Tests to verify the thermal stability of insulating materials	6.106
o) Tests to assess the effects of condensation on insulation surfaces	6.107
p) Artificial pollution tests	6.2.8
q) Dielectric tests on cable testing circuits	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 modification:

The mandatory type tests (not including items k) and l) 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 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, dans la mesure où l'appareillage sous enveloppe isolante n'est adapté qu'à une utilisation intérieure.

6.2.3 Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques

Le paragraphe 6.2.3 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Pour l'appareillage sous enveloppe isolante 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 alinéa du point b) est remplacé par:

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

- a) le nombre de décharges disruptives ne dépasse pas deux pour chaque série de 15 chocs;
- b) aucune décharge disruptive ne se produit sur une isolation non auto-régénératrice.

Cela est vérifié par au moins cinq chocs sans décharge disruptive suivant le choc qui a causé la dernière décharge disruptive. Si ce choc est l'un des cinq derniers de la série des 15 chocs, des chocs additionnels doivent être appliqués, pourvu que le nombre total de décharges ne dépasse 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 des tensions 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 et à la borne de terre de la source d'essai.

Les surfaces de l'enveloppe isolante destinées à reposer sur le sol ou à être fixées au mur doivent être recouvertes de feuillets métalliques mis à la terre.

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

IEC 60694 is not applicable as insulation-enclosed switchgear and controlgear is suitable only for indoor use.

6.2.3 Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests

Subclause 6.2.3 of IEC 60694 is applicable with the following addition:

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

6.2.4 Criteria to pass the test

Subclause 6.2.4 of IEC 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 does 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 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 test voltages 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 and to the earth terminal of the test supply.

Areas of the insulation enclosure intended for resting on the floor or being fixed to the wall shall be covered by earthed metal foils.

Pour vérifier la conformité avec les exigences du point a) de 5.102.3, un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée, doit être appliqué, pendant la manœuvre ou la maintenance, à l'endroit le plus défavorable sur le côté accessible de l'enveloppe isolante, du regard, de la cloison ou du volet en matériau isolant. La surface de ce feuillet doit être aussi grande que possible, mais ne doit pas dépasser 100 cm², et ce dernier doit être relié à la terre. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents. Ce feuillet doit être appliqué sur la surface externe de l'enveloppe, sans pénétrer dans les espaces de faibles dimensions. Pour la commodité de l'essai, sous réserve d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, il est possible d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties de l'enveloppe.

NOTE Si un sous-ensemble est essayé, il convient qu'il inclut les joints de matériels isolés par enrobage, s'ils sont utilisés.

Les essais diélectriques doivent être effectués avec tous les appareils de connexion en position fermée et toutes les parties amovibles en position de service. L'attention doit être attirée sur la possibilité d'un champ électrique moins favorable lorsque les appareils de connexion sont en position ouverte ou que les parties amovibles sont dans une position de sectionnement, de retrait, d'essai ou de mise à la terre. Dans de telles conditions, les essais doivent être répétés. Cependant, les parties amovibles ne doivent pas être soumises à ces essais de tension lorsqu'elles sont dans une position de sectionnement, d'essai ou de retrait.

Pour ces essais, les équipements tels que les transformateurs de courant, les extrémités de câbles, les déclencheurs directs ou indicateurs de surintensité doivent être installés dans les conditions normales d'exploitation. En cas de doute concernant la configuration la plus défavorable, les essais doivent être repris dans les différentes configurations possibles.

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 sous tension doit tenir seulement les tensions d'essai demandées à la terre.

Si, dans la position de sectionnement, il n'y a pas, entre la partie fixe et la partie débrochable, de volet ni de cloison métalliques mis à la terre, 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. S'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'essai, l'appareil de connexion de la partie débrochable étant fermé.

c) Essais complémentaires

Si les exigences des points e) ou f) de 5.102.3 sont applicables, on doit prouver l'aptitude nécessaire de tenue à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée, pendant 1 min.

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

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

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.

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 for 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

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

Dans le cas d'une isolation liquide ou gazeuse, l'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface 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. Pour cet essai, la surface interne des cloisons ou volets située en face de ces parties sous tension doit être recouverte d'un feuillet métallique mis à la terre ou d'un habillage conducteur comme décrit au point a) ci-dessus. La tension d'essai est appliquée à toutes les parties du circuit principal connectées ensemble.

6.2.6 Essais de l'appareillage sous enveloppe isolante

Les essais doivent être effectués avec les tensions d'essai applicables des Tableaux 1a ou 1b de 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 tensions d'essai sur la distance de sectionnement, les colonnes (3) et (5) doivent être utilisées.

Les dispositifs éventuels de protection contre les surtensions qui ne font pas partie intégrante de l'appareillage doivent être déconnectés ou enlevés.

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

Les 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.

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

Les essais doivent être effectués à sec.

Pendant les essais de tension à fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la borne de terre et au feuillet métallique ou habillage conducteur aux points applicables sur l'appareillage sous enveloppe isolante. Exception est faite de la situation où, pendant les essais conformes au point b) de 6.2.5, il convient que le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension soit connecté à la borne de terre afin que la tension apparaissant entre une des parties quelconque sous tension et les parties destinées à être mises à la terre, ne dépasse pas la tension d'essai spécifiée au point a) de 6.2.5.

Si cela n'est pas possible, une borne du transformateur d'essai peut, avec l'accord du constructeur, être reliée à la terre et les parties destinées à être mises à la terre de l'appareillage doivent être, si nécessaire, isolées de la terre.

6.2.6.2 Essais de tension de choc de foudre

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. Cependant, en variante, pour éviter des dommages éventuels sur l'isolation solide, la procédure C de la CEI 60060-1 peut être appliquée, sous réserve d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 1 Cet essai de procédure C est réalisé en appliquant trois chocs consécutifs pour chaque polarité. Si aucune décharge disruptive ne se produit, l'appareillage est considéré comme ayant réussi l'essai.

In the case of gaseous or liquid insulation, the insulation between the live parts of the main circuit and the inside surface of insulating partitions or shutters shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150 % of the rated voltage for 1 min. For this test the inner surface of the partitions or shutters that face the live parts shall be covered by an earthed metal foil or conducting cloth as described under item a) above. The test voltage is applied on all parts of the main circuit connected together.

6.2.6 Tests of insulation-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.

Overvoltage protective devices, not forming an integral part of the switchgear and controlgear, if any, shall be disconnected or removed.

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

Current transformer secondaries shall be short-circuited and earthed. Current transformers with a low ratio may have their primaries short-circuited too.

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.

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

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

6.2.6.2 Lightning impulse voltage tests

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. However, as an alternative in order to avoid possible damage to the solid insulation, procedure C of IEC 60060-1 may be applied, subject to agreement between manufacturer and user .

NOTE 1 This procedure C test is performed by applying three consecutive impulses for each polarity. If no disruptive discharge occurs, the switchgear is considered to have passed the test.

NOTE 2 Il peut être nécessaire pour certains types de matériaux isolants d'éliminer les charges résiduelles avant de commencer les essais avec la polarité opposée.

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée à la borne de terre et au feuillet métallique ou à l'habillage conducteur aux points applicables sur l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante, sauf que, pour les essais selon le point b) de 6.2.5, les parties destinées à être mises à la terre doivent, si nécessaire, être isolées de la terre de telle façon que la tension apparaissant entre une des parties sous tension et les parties destinées à être mises à la terre ne dépasse pas la tension d'essai spécifiée au point a) de 6.2.5.

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 isolante, destiné à être utilisé dans des conditions de service plus sévères que les conditions normales de service spécifiées dans la présente 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.

NOTE En général, cet essai peut être considéré comme superflu, dans la mesure où un essai spécifique est déjà prescrit en 6.107.

6.2.9 Essais de décharges partielles

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

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

6.2.9.101 Niveau maximal admissible des décharges partielles

Le niveau maximal admissible des décharges partielles ne doit pas dépasser 20 pC pour chaque unité fonctionnelle, à $1,1 U_r$ tension phase-phase, voir le Tableau B.1.

NOTE Pour les systèmes avec un neutre non directement à la terre, aucun niveau maximal de décharges partielles n'est prescrit en cas de défaut à la terre; à titre informatif uniquement, une tension phase-terre de 100 pC à $1,1 \cdot U_r$ semble être une limite acceptable.

En règle générale, il convient que le niveau autorisé pour un ensemble ou sous-ensemble soit le niveau le plus élevé permis pour chacun de ses composants.

6.2.10 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.2.10 de la CEI 60694 est applicable.

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

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

NOTE 2 It may be necessary for certain types of insulating material to eliminate residual charges before starting the tests with the opposite polarity.

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

6.2.7 Tests of switchgear and controlgear of rated voltage above 245 kV

Not applicable.

6.2.8 Artificial pollution tests

Insulation-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.

NOTE In general, this test may be considered as superfluous, as a specific test is already prescribed in 6.107

6.2.9 Partial discharge tests

Refer to Annex B with the following additions:

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

NOTE 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.

6.2.9.101 Maximum permissible partial discharge intensity

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

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

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

6.2.10 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.2.10 of IEC 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 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 supplémentaire de tenue de tension à fréquence industrielle peut être réalisé pour confirmer que les distances de sectionnement sollicitées peuvent supporter la tension d'essai des câbles, l'autre côté de la distance de sectionnement 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 isolante toujours sous tension.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Non applicable.

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

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 isolante indique le bon état du trajet du courant. Cette résistance mesurée doit être prise comme référence pour les essais individuels de série, voir 7.3.

6.4.2 Circuits auxiliaires

Le paragraphe 6.4.2 de la CEI 60694 est applicable.

6.4.101 Exigences pour la classe de protection PB2

Si l'exigence du point g) de 5.102.3 est applicable, le capot ou la couche conducteur (-trice) mis(e) à la terre doit avoir une valeur maximale de 100 mΩ à la borne de terre de l'appareillage. Cela est démontré en alimentant la couche conductrice, aux points les plus défavorables avec 30 A en courant continu. La chute de tension correspondante à partir d'un point sur la couche près du point d'entrée doit être, au maximum, de 3 V.

NOTE Il peut être nécessaire d'effectuer une connexion, sur la couche conductrice, ayant une grande surface, de 1 cm² par exemple, afin d'éviter une densité trop élevée.

6.5 Essais d'échauffement

Le paragraphe 6.5 de 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.

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 the 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 insulation-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 insulation-enclosed switchgear and controlgear is indicative of the proper condition of the current path. This measured resistance shall be the reference for the routine test, refer to 7.3.

6.4.2 Auxiliary circuits

Subclause 6.4.2 of IEC 60694 is applicable.

6.4.101 Requirement for protection grade PB2

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

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

6.5 Temperature-rise tests

Subclause 6.5 of IEC 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.

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

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

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

Les échauffements des différents matériels doivent se référer à la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'enveloppe et ne doivent pas dépasser les valeurs spécifiées dans les normes dont ils relèvent. S'il n'est pas possible d'avoir une température constante de l'air ambiant, la température superficielle d'une enveloppe identique, placée dans les mêmes conditions d'air ambiant, peut être prise.

6.5.1 Etat de l'appareillage sous enveloppe isolante à soumettre aux essais

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 isolante 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 isolante, avec tous les matériels associés qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

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 insulation-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 test

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

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 courte durée et à la valeur de crête du courant admissible doivent être effectués selon le nombre de phases assigné. Les transformateurs de courant et les déclencheurs éventuels doivent être installés comme dans les conditions normales d'exploitation, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

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

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

Dans le cas de disjoncteurs à déclencheur autonome, ils doivent être réglés à leur valeur maximale de déclenchement.

Les fusibles limiteurs éventuels doivent être munis des éléments de remplacement ayant le plus grand courant assigné spécifié.

Après l'essai, les matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent accuser ni déformation ni détérioration nuisibles au bon fonctionnement des circuits principaux. Les propriétés isolantes de l'enveloppe isolante doivent en particulier être intactes. Il peut être possible de détecter la présence de fissures dans l'isolation des matériels isolés par enrobage en réalisant un essai de décharges partielles (voir 6.2.9).

b) Essais des circuits de terre

Les conducteurs de terre, les connexions de terre et les appareils de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante 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. Cela signifie qu'ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe isolante, avec tous les matériels associés qui peuvent influencer les caractéristiques ou modifier le courant de court-circuit.

Les essais de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible sur les dispositifs de mise à la terre doivent être effectués selon le nombre de phases 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 à la terre. Le courant de défaut à la 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'appareillages à double jeux 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 doit être vérifiée par un essai à courant continu de 30 A jusqu'à la borne de mise à la terre prévue. La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

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

Equipment which does not include any current-limiting device may be tested at any convenient voltage. Equipment which incorporates a current-limiting device shall be tested at the rated voltage of the switchgear and controlgear. Other test voltages can be used, if it can be demonstrated that both the applied peak current and resulting thermal effects are equal 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. The insulating properties of the insulation enclosure shall in particular be unimpaired. It may be possible to detect the presence of cracks in the insulation of insulation-embedded components by performing a partial discharge test (refer to 6.2.9).

b) Tests on earthing circuits

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of insulation-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 insulation-enclosed switchgear and controlgear with all associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

The short-time withstand current and peak withstand current tests with earthing devices shall be carried out according to the rated number of phases. 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 (d.c.) to the earthing point provided. The voltage drop shall be lower than 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 à soumettre aux essais doivent être disposés de façon à ce que les conditions les plus défavorables soient obtenues pour les longueurs maximales sans support du ou des jeux de barres, des conducteurs et des connexions de l'équipement. Dans le cas d'appareillages comprenant des systèmes à double jeu de barres et/ou de conception à niveaux multiples, les essais doivent être réalisés dans la ou les positions la ou les plus défavorables de l'appareillage de connexion.

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

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

Chaque essai doit être précédé par une manœuvre à vide de l'appareillage mécanique et, exception faite 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 rapport 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 isolante doit être de IP2X, conformément à la CEI 60529. Un degré de protection d'un niveau plus élevé peut être spécifié, conformément à la CEI 60529.

6.7.2 Essai aux impacts mécaniques

Le paragraphe 6.7.2 de la CEI 60694 est applicable avec le complément suivant:

Sauf spécification contraire entre le constructeur et l'utilisateur, il convient d'appliquer des impacts de 1 J.

Après l'essai, l'enveloppe ne doit présenter aucune fissure. Les dommages superficiels peuvent être ignorés.

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 Condition 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 insulation-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 with the following addition:

Unless otherwise agreed between manufacturer and user, impacts of 1 J should be applied.

After the test the enclosure shall show no cracks. Superficial damage can be ignored.

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 perturbations radioélectriques sous tension.

6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

La CEI 60694 est applicable pour les essais de 6.10.1, 6.10.2, 6.10.4 à 6.10.7.

6.10.3 Essais sur les parties métalliques des enveloppes et des compartiments

La CEI 60694 n'est pas applicable.

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 sectionneurs de terre de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être essayés conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi. Cela signifie qu'ils doivent être essayés selon leur disposition normale dans l'appareillage sous enveloppe isolante 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 de fermeture et de coupure ont été réalisés sur les appareils de connexion installés dans un appareillage sous enveloppe isolante 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 de décharges disruptives, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs peut être 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, les essais/séries d'essais suivant(e)s doivent être répété(e)s dans chaque compartiment en respectant les exigences de chaque norme applicable.

Lorsque les performances en court-circuit des appareils de connexion ont, au préalable, été essayées par rapport à leur norme applicable, dans l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante, il n'est pas nécessaire de reprendre les essais.

Dans le cas d'appareillages de conception à simple niveau ou à niveaux multiples et/ou avec des systèmes à double jeux de barres, une attention particulière est nécessaire pour les procédures d'essais applicables pour la vérification des capacités assignées de fermeture et de coupure pour couvrir les combinaisons pouvant se rencontrer en service.

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 de courant de fermeture et de coupure 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 valables pour ces compartiments.

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 to 6.10.7.

6.10.3 Tests on metallic parts of enclosures and compartments

IEC 60694 is not applicable.

6.101 Verification of making and breaking capacities

Switching devices forming part of the main circuit and earthing switches of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated making and breaking capacities according to the relevant standards and under the proper conditions of installation and use. That is, they shall be tested as normally installed in the insulation-enclosed switchgear and controlgear with all associated components, the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, provisions for venting, etc. These tests are not necessary if making and breaking tests have been performed on the switching devices installed in insulation-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 influences 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 insulation-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) Lorsque les compartiments ne sont pas identiques mais sont conçus pour recevoir les mêmes appareils de connexion, les essais/séries d'essais suivant(e)s doivent être répété(e)s dans chacun de ces compartiments, en respectant les exigences 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 de fermeture en court-circuit selon la classe applicable E1 ou E2.

CEI 60265-1: 10 manœuvres CO avec le courant de coupure de charge assigné principalement actif (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 en court-circuit assigné.

CEI 62271-105: Séries d'essais TDI_{sc} , TDI_{Wmax} et $TDI_{transfer}$.

CEI 60470: Vérification de la coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (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'appareillage de connexion, chaque variante doit être entièrement essayée selon les exigences de a) et également, si nécessaire, de 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 Interverrouillages

Les interverrouillages 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 des efforts de manœuvre normaux et ne se livrer à aucun réglage sur les appareils de connexion, les parties amovibles ou les verrouillages. Dans le cas d'équipements manœuvrés manuellement, la poignée de manœuvre préconisée doit être utilisée pour réaliser les essais.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si

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

- 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 to class E1 or E2, as applicable.

IEC 60265-1: Ten 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 TDI_{sc} , TDI_{Wmax} and $TDI_{transfer}$.

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 a) and also, where appropriate 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 disconnector, 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 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 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz

6.103.1 Essai de tenue à la pression pour les compartiments à remplissage de gaz avec dispositifs limiteurs de pression

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

- La pression relative doit être augmentée jusqu'à atteindre une valeur de 1,3 fois la pression de calcul du compartiment pendant 1 min. Le dispositif limiteur de pression ne doit pas fonctionner.
- Ensuite, la pression doit être augmentée jusqu'à une valeur maximale de 3 fois la pression de calcul. Il est admis que le dispositif limiteur de pression fonctionne, selon la conception prévue par le constructeur, en dessous de cette valeur. La pression d'ouverture doit être notée dans le rapport d'essai de type. Après l'essai, le compartiment peut être déformé, mais ne doit pas se rompre.

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 limiteur de pression 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 dispositifs limiteurs de pression

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

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

6.104 Essais de vérification de la protection des personnes contre les chocs électriques

Ce paragraphe s'applique à l'enveloppe isolante et aux cloisons (et volets) prévus pour la protection contre les chocs électriques. 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.

L'enveloppe isolante et les cloisons et volets non métalliques, composés entièrement ou en partie de matériaux isolants, doivent être soumis aux essais comme suit:

6.104.1 Essais diélectriques

- a) L'isolation entre les parties sous tension du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante et 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. Pour la procédure d'essai, voir le point a) de 6.2.5.
- b) Un échantillon représentatif du matériau isolant doit pouvoir supporter la tension d'essai à fréquence industrielle définie au point a). Il convient d'appliquer les méthodes d'essais appropriées données dans la CEI 60243-1.

NOTE Dans le cas de conducteurs surmoulés, cet essai est déjà couvert par l'essai a) ci-dessus.

- 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 couche conductrice d'au moins 100 cm² mise en place au point le plus contraignant. La procédure d'essai doit être tel que spécifié au point c) de 6.2.5.

6.103 Pressure withstand test for gas-filled compartments

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

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

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

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

6.104 Tests to prove the protection of persons against electric shock

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

The insulation enclosure and 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 the insulation enclosure and 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.

NOTE In the case of moulded conductors, this test is already covered by test a) above.

- 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 setup shall be as specified in item c) of 6.2.5.

d) Essais complémentaires (pour la classe de protection PB1 uniquement).

Si les exigences des points e) ou f) de 5.102.3 sont applicables, on doit prouver l'aptitude nécessaire pour tenir une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée pendant 1 min.

Dans le cas d'une seconde couche d'isolation, cette couche doit être soumise à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée pendant 1 min.

Dans le cas d'une isolation par fluide, ce fluide d'isolation doit être remplacé par de l'air ambiant. L'essai c) ci-dessus doit alors être répété, la couche conductrice d'au moins 100 cm² étant mise en place aux points applicables.

6.104.2 Mesurage des courants de fuite

Lorsque l'appareillage sous enveloppe isolante contient des cloisons ou des volets en matériau isolant, si applicable, on doit effectuer les essais suivants pour vérifier la conformité avec les exigences du point d) de 5.102.3.

A l'initiative du constructeur, le circuit principal doit être connecté soit à une source triphasée à fréquence industrielle dont la tension est égale à la tension assignée de l'appareillage sous enveloppe isolante, une phase étant mise à la terre, soit à une source monophasée dont la tension est égale à la tension assignée, les parties sous tension 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 sous tension. 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 métallique, approximativement circulaire ou carré, doit être aussi grande que possible mais ne doit pas dépasser 100 cm², et doit être connectée au conducteur de 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 continu sur la surface isolante est interrompu, comme indiqué au point d) de 5.102.3, par d'étroits espaces de gaz ou de liquide, ces espaces doivent être pontés électriquement. Lorsque ces espaces sont prévus pour éviter le passage d'un courant de fuite entre les parties sous tension 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.

NOTE Cette exigence peut, par sa nature, ne s'appliquer qu'aux parties de l'enveloppe: il est essentiel que le reste de l'enveloppe satisfasse à la première exigence si l'on doit se dispenser du mesurage des courants de fuite.

Le courant de fuite doit également être mesuré dans les conditions de la condensation et une légère pollution des surfaces accessibles de l'enveloppe isolante après l'essai d'humidité conformément à 6.107, si un tel essai a été convenu.

6.105 Essai d'arc interne

Cet essai est applicable à l'appareillage sous enveloppe isolante 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).

d) Complementary tests (for protection grade PB1 only).

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

In the case of a second insulation layer, this layer shall be subjected to a power-frequency test voltage of 150 % of the rated voltage for 1 min.

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

6.104.2 Measurements of leakage currents

For insulation-enclosed switchgear and controlgear, containing insulating partitions or shutters as applicable, the following tests shall be made in order to check compliance with the requirements in item d) of 5.102.3

The main circuit shall, at the discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the insulation-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 and shall be connected to the earthing conductor. 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 insulation surface does not provide the protection required in this standard.

If, as indicated in item d) of 5.102.3, 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.

NOTE This requirement can by its nature only apply to parts of the enclosure: it is essential that the remainder of the enclosure meets the first requirement if the measurement of leakage currents is to be dispensed with.

The leakage current shall also be measured in conditions representing condensation and light pollution on the accessible surfaces of the insulation enclosure after the humidity test according to 6.107, if such a test was agreed.

6.105 Internal arcing test

This test is applicable to insulation-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).

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 de la circulation du 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 appareillage 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, les effets produits par les dispositifs limiteurs de courant qui emploient des procédés pyrotechniques pour commuter le courant vers un fusible limiteur doivent être pris en considération lors de l'évaluation des modèles utilisant ces dispositifs.

Tous les dispositifs (par exemple, les relais de protection) qui peuvent automatiquement ouvrir le circuit avant la fin prévue de l'essai doivent être mis hors service pendant l'essai. Si des compartiments ou des unités fonctionnelles sont équipé(e)s 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 (celles-ci) doivent être mis(es) hors service pendant l'essai, à moins qu'ils (elles) ne soient destiné(e)s à être essayé(e)s. Dans ce cas, le compartiment de l'appareillage peut 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 conduisant à un arc 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 isolante et qu'elle n'est pas composée de parties isolantes préfabriquées 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 isolante 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 limiteur de pression, s'il existe;
- système d'isolation.

6.106 Essai de stabilité thermique

Lorsque la majeure partie de l'isolation entre les parties conductrices est constituée d'isolation solide, le constructeur doit prouver que la stabilité des matériaux isolants utilisés ne sera pas compromise par des contraintes diélectriques et des influences thermiques.

Cette preuve peut être donnée sur la base d'essais sur des configurations comparables, sur la base des propriétés des matériaux isolants (pertes diélectriques en fonction de la température) ou en réalisant un essai de stabilité thermique sur l'ensemble de l'équipement ou sur une partie représentative de ce dernier.

Cet essai n'est pas nécessaire si des gaz ou des liquides constituent la majeure partie de l'isolation.

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 insulation-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 insulation-enclosed design of switchgear and controlgear can be extended to another one (refer to 6.1), provided that the original test was more onerous and the latter can be considered as similar to the tested one in the following aspects:

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

6.106 Thermal stability test

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

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

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

L'essai de stabilité thermique se compose d'un essai de 100 h avec une tension à la fréquence industrielle égale à 180 % de la tension assignée à la température atteinte pendant un essai d'échauffement conformément à 6.5 lorsque la température de l'air ambiant est de 40 °C.

Le circuit principal doit être mis sous tension par une alimentation mise à la terre, à l'aide d'une alimentation triphasée avec un neutre mis à la terre pour les appareillages triphasés. Le conducteur de terre et toutes les parties métalliques destinées à être mises à la terre doivent être reliés à la terre.

NOTE L'essai peut être effectué séparément à partir de l'essai d'échauffement en prenant l'échauffement le plus élevé mesuré pendant l'essai d'échauffement, augmenté de 40 °C.

Si aucune décharge disruptive ne se produit, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être considéré comme ayant réussi l'essai.

6.107 Essai d'humidité

L'essai d'humidité doit être réalisé si l'enveloppe n'est pas complètement recouverte par un capot / une couche conducteur (-trice).

Avec un capot / une couche conducteur (-trice), cela signifie que la résistance, mesurée entre tout point de l'enveloppe et le point de mise à la terre, est inférieure à 96 kΩ afin de maintenir la tension de contact maximale en dessous de 48 V.

L'essai doit être effectué conformément à l'Annexe C.

7 Essais individuels de série

L'essai individuel de série doit être effectué sur toutes les unités de transport et, chaque fois que cela est possible, dans les usines du constructeur, en vue de s'assurer que le produit est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

Se référer à l'Article 7 de la CEI 60694, en ajoutant les essais individuels de série suivants:

- mesurage des décharges partielles: 7.101
- essais de fonctionnement mécanique: 7.102
- essais de pression des compartiments à remplissage de gaz (si applicable): 7.103
- essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques (si applicable): 7.104
- essais après montage sur le site: 7.105
- mesurage de l'état du fluide après remplissage sur site: 7.106

NOTE Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des composants de caractéristiques assignées 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 suivants:

Il existe deux autres procédures:

- a) Si l'appareillage sous enveloppe isolante est un ensemble de composants qui n'ont pas été soumis aux essais individuellement, tous les essais conformes à 6.2.5 doivent être effectués, à l'exception des essais de tension aux chocs de foudre.

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

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

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

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

6.107 Humidity test

The humidity test shall be made if the enclosure is not completely covered by a conductive cover/layer.

With conductive cover/layer it is meant that the resistance, measured from any point on the enclosure to the earthing point provided, is less than 96 k Ω to keep the maximum touch voltage below 48 V.

The test shall be performed according to Annex C.

7 Routine tests

The routine test shall be carried out 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:

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

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

7.1 Dielectric tests on the main circuit

Subclause 7.1 of IEC 60694 is applicable, with the following addition and exception:

There are two alternative procedures:

- a) If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is an assembly of components which have not been tested individually, all the tests according to 6.2.5 shall be carried out except for lightning impulse voltage tests.

- b) Si l'appareillage sous enveloppe isolante est un ensemble de composants qui ont été soumis individuellement aux essais individuels de série appropriés, les essais conformes à ce paragraphe servent en principe à valider les interconnexions et l'enveloppe isolante.

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 autres conducteurs de phase étant reliés à la terre et la continuité du circuit principal étant assurée (par exemple en fermant les appareils de connexion, ou d'une autre manière).

Pour vérifier la conformité avec les exigences du point a) de 5.103.3, l'enveloppe isolante doit être recouverte, sur le côté accessible à l'endroit le plus défavorable pour l'essai, par un feuillet métallique ne dépassant pas 100 cm² et relié à la terre.

Pour les compartiments à remplissage de gaz, les essais doivent être effectués à la pression (ou densité) de remplissage assignée du gaz isolant (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 fait l'objet d'un 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 individuel de série.

7.4 Essai 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

Le mesurage des décharges partielles doit être réalisé pour détecter des défauts possibles de matière et de fabrication.

Les mesurages des décharges partielles doivent être conformes à 6.2.9.

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.

- b) If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is an assembly of components which individually have been subjected to appropriate routine tests, the tests according to this subclause serve in principle to prove the interconnections and the insulation enclosure.

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).

In order to check compliance with the requirement of item a) of 5.103.3 the insulation enclosure shall be covered, on the accessible side in the most unfavourable situation for the test, with a metal foil not exceeding 100 cm² connected to earth.

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

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

Partial discharge measurements shall be in accordance with 6.2.9.

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.

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 effectués sur tous les compartiments à remplissage de gaz après fabrication. Chaque compartiment doit être soumis à une pression d'essai égale à 1,3 fois la pression calculée pendant 1 min.

Cela ne s'applique pas aux compartiments scellés à pression de remplissage assignée inférieure ou égale à 50 kPa (pression relative).

Après cet essai, les compartiments ne doivent présenter aucun signe de dommage ou de déformation susceptible d'affecter le fonctionnement de l'appareillage.

7.104 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée doivent être 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, aucun réglage ne doit être effectué.

Les essais sont considérés comme satisfaisants, si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont en bon état de fonctionnement après les essais et si l'effort nécessaire à 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 isolante 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 d'effectuer les essais suivants:

a) Essai de tension du circuit principal:

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

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être de 80 % des valeurs indiquées en 7.1 et doit être appliquée à chaque conducteur de phase du circuit principal avec les autres conducteurs de phase mis à la terre, successivement. Pour les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à l'installation de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante.

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

NOTE Il convient de déconnecter les dispositifs de protection contre les surtensions pendant les essais diélectriques sur site. Cela s'applique également aux transformateurs de tension, à moins que la fréquence d'essai utilisée pour l'essai sur site soit suffisamment élevée pour éviter la saturation de leur noyau.

b) Essais d'étanchéité: le paragraphe 7.4 est applicable.

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

7.106 Mesurage de l'état du fluide après remplissage sur site

L'état du fluide dans les compartiments à remplissage de fluide doit être déterminé, et doit être conforme à la spécification du constructeur.

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

For parts which are assembled on site and for gas-filled compartments which are filled on site it is recommended to carry out the following tests.

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 insulation-enclosed switchgear and controlgear after the erection on site in exactly the same manner as specified in 7.1 for the routine test at the manufacturer's premises.

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

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

NOTE Overvoltage protective devices should be disconnected during dielectric site tests. This also applies for voltage transformers, unless the test frequency used for 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 pour le choix de l'appareillage sous enveloppe isolante selon le service

La présente norme est destinée aux appareillages sous enveloppe isolante qui ont:

- soit une classe de protection PB pour les installations généralement accessibles (locaux de service),
- soit en partie une classe de protection PA et en partie une classe de protection PB, pour les installations accessibles aux opérateurs qualifiés uniquement (locaux de service électriques fermés).

NOTE Pour les définitions de "local de service" et de "local de service électrique fermé", voir la CEI 60621-1.

L'appareillage sous enveloppe isolante peut être construit sous différentes formes qui ont été modifiées en fonction des évolutions technologiques et des exigences fonctionnelles. Le choix d'un appareillage sous enveloppe isolante implique essentiellement l'identification des exigences fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation et de la constitution des cloisonnements internes qui satisfont le mieux à ces exigences.

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

Le Tableau 8.2 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 isolante 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 valeurs assignées selon la présente norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. Une liste des caractéristiques assignées est indiquée à l'Article 4.

Il convient aussi de considérer d'autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m.

Il convient de déterminer les contraintes imposées par les conditions de défaut en calculant les courants de défaut à l'endroit où l'installation de l'appareillage sous enveloppe isolante est prévue dans le réseau. Se référer à la CEI 60909 pour cet aspect.

8.2 Choix du modèle et de sa construction

8.2.1 Généralités

On identifie normalement un appareillage sous enveloppe isolante par sa technologie d'isolation (par exemple matériau solide, isolé dans l'air ou dans un gaz) et par sa structure fixe ou débrochable. L'étendue sur laquelle il convient que des composants individuels soient débrochables ou amovibles dépend en premier lieu des exigences (s'il y en a) de maintenance et/ou des dispositions d'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 nécessaires, et c'est la raison pour laquelle certaines conceptions peuvent rendre accessibles les parties mécaniques en les plaçant à l'extérieur des compartiments haute tension.

8 Guide to the selection of insulation-enclosed switchgear and controlgear for service

This standard provides for insulation-enclosed switchgear and controlgear which has either

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

NOTE For the definitions of “operating area” and “closed electrical operating area” refer to IEC 60621-1.

Insulation-enclosed switchgear and controlgear may be constructed in various forms that have evolved with changing technologies and functional requirements. The selection of insulation-enclosed switchgear and controlgear essentially involves an identification of the functional requirements for the service installation and the form of internal partitioning that best meets these requirements.

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

Table 8.2 provides a summary of the considerations for specifying switchgear and controlgear.

8.1 Selection of rated values

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

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

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

The duty imposed by fault conditions should be determined by calculating the fault currents at the place where the insulation-enclosed switchgear and controlgear is to be located in the system. Reference is made to IEC 60909 in this regard.

8.2 Selection of design and construction

8.2.1 General

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

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

La préférence donnée par l'utilisateur pour un matériau solide, pour une isolation dans l'air ou dans un fluide et pour une structure fixe ou débrochable, peut être déterminée par l'importance donnée à l'accès pour la maintenance et/ou la possibilité de tolérer une mise hors tension complète de l'appareillage. Si la demande de maintenance n'est pas fréquente, comme c'est souvent la pratique 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 termes de coût sur la durée de vie du produit.

Dans le cas où un compartiment contenant le circuit principal est ouvert, un fonctionnement en toute sécurité de l'appareillage nécessite (indépendamment de la structure fixe ou débrochable) qu'il est recommandé que les parties sur lesquelles un travail doit être réalisé soient isolées de toute source d'alimentation et mises à la terre. De plus, il convient que les dispositifs de sectionnement utilisés pour l'isolation soient verrouillés contre une reconnexion.

8.2.2 Architecture et accessibilité aux compartiments

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

NOTE 1 Les cloisonnements insérés temporairement 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 la présente norme.

La description complète de l'appareillage doit inclure la liste et le type de chaque compartiment, par exemple compartiment jeux 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 pour contrôler l'ouverture d'un compartiment accessible sont définies:

- la première, par l'utilisation de verrouillages assurant que toutes les parties sous tension internes sont hors tension et mises à la terre avant l'ouverture, définissant un «compartiment accessible contrôlé par verrouillage»;
- la deuxième, basée sur les procédures de l'utilisateur et l'utilisation de dispositifs de condamnation pour assurer la sécurité, le compartiment étant pourvu de dispositifs pour permettre la mise en place de cadenas ou de moyens équivalents, définissant un «compartiment accessible selon procédure»;
- la troisième ne prévoit aucun dispositif intégré pour assurer la sécurité électrique avant l'ouverture. Elle nécessite des outils pour l'ouverture, définissant un «compartiment accessible par outillage».

Les deux premiers types de compartiments 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 selon laquelle il est recommandé 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.

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

In the case that 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 are 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 mentioned above 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 performance integrity, for example, insulating conditions, 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 un moulage complet de l'isolation solide.

8.2.3 Continuité de service de l'appareillage

L'enveloppe isolante 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.

La catégorie LSC2 est divisée en deux niveaux:

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

Exemple LSC2A pour une conception débrochable: En pratique, cela signifie que les câbles haute tension 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) des jeux de barres. Les jeux de barres peuvent 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 cloisons et volets métalliques.

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

Exemple LSC2B pour une conception débrochable: Si l'appareil de connexion principal de chaque unité fonctionnelle d'un appareillage LSC2B est mis en place dans un compartiment accessible qui lui est propre, la maintenance peut être réalisée sur ce commutateur principal 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 commutateur principal.
- Pour les composants raccordés d'un côté du commutateur principal, par exemple le circuit d'alimentation.
- Pour les composants raccordés de l'autre côté du commutateur principal, par exemple les jeux de barres; lorsqu'il y a plus d'un ensemble de jeux de barres, chaque ensemble doit être dans un compartiment séparé.

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 complete mould of solid insulation.

8.2.3 Service continuity of the switchgear and controlgear

The insulation-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) describe the extend 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 compartments 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.

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 a 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 three compartments for each functional unit is necessary in this example of LSC2B switchgear and controlgear.

- a) For each main switching device.
- b) For components connected to one side of a main switching device, for example feeder circuit.
- c) 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 being in a separate compartment.

8.3 Classification arc interne

Lors du choix d'un appareillage sous enveloppe isolante, 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 selon laquelle l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

A titre de guide, le Tableau 8.1 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience a montré que les défauts avaient un plus grand risque de se produire. Il donne aussi la cause des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité de défauts internes. Si nécessaire, il convient que l'utilisateur mette en pratique celles qui sont applicables lors de l'installation, la mise en service, la manœuvre et la maintenance.

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

Parmi ces mesures, on peut citer par exemple:

- Temps d'élimination du défaut rapide par l'utilisation de capteurs sensibles à la lumière, à la pression ou la chaleur ou par des protections différentielles des jeux de barres.
- Utilisation de fusibles adaptés en combinaison avec les appareils de connexion pour diminuer le courant coupé limité et la durée du défaut.
- Elimination rapide de l'arc en le dérivant sur un court-circuit métallique au moyen de dispositifs de détection et de fermeture rapides (Suppresseur d'arc).
- Contrôle à distance.
- Dispositif limiteur de pression.
- Déplacement de la partie débrochable vers ou depuis la position de service uniquement lorsque la porte avant est fermée.

Le paragraphe 5.102.5 prend en compte la disposition pratique des volets faisant partie de l'enveloppe quand ils sont fermés dans les positions définies de 3.128 à 3.131. Le changement d'état lorsqu'on se déplace de la position définie de 3.127 à 3.129 (et vice versa) n'est pas essayé.

Des défaillances peuvent se produire pendant l'embrochage ou le débrochage des parties débrochables. 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'embrochage et/ou des volets entraîne une défaillance plus fréquente, telle qu'un contournement à la terre est initié pendant le processus d'embrochage/débrochage.

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 débrochable;
- tous les appareillages ne sont pas équipés d'une porte qui peut être fermée dans les positions définies de 3.127 à 3.129.

8.3 Internal arc classification

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

This protection is achieved by reducing the risk to a tolerable level. According to ISO/IEC Guide 51, risk is the combination of the probability of occurrence of a harm and the severity of the harm. (Refer to Clause 5 of ISO/IEC Guide 51 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 8.1 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 5.102.5 considers the practicality of the shutters becoming part of the enclosure when they are closed in positions defined in 3.128 to 3.131. The change of state when moving from the position defined in 3.127 to 3.129 (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 to, 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 have to 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 3.127 to 3.129.

Tableau 8.1 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défauts internes

Emplacements où les défauts internes sont plus susceptibles de se produire (1)	Causes possibles des défauts internes (2)	Exemples de mesures préventives possibles (3)
Compartiments câbles	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes Utiliser des matériels 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 Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages (voir 5.11). Réouverture retardée. Manœuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture pour les interrupteurs et sectionneurs de terre. Instructions au personnel
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou de 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	Ferrorésonance	Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits
	Court-circuit côté basse tension pour les transformateurs de tension	Eviter les courts-circuits par des moyens appropriés, par exemple capots de protection, fusibles basse tension
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme Instructions au personnel
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Limitation d'accès par compartimentage Parties sous tension isolées par enrobage Instructions au personnel
	Vieillesse diélectrique	Essais individuels de série de décharges partielles
	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 isolante 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 isolante de la classe IAC.

Table 8.1 – 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-cable connections. Checking of workmanship on site. Correct torque
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels, where applicable
Disconnectors Switches Earthing switches	Mis-operation	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 VT's	Avoid short circuit by proper means e.g. 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: Insulation-enclosed switchgear and controlgear which is IAC classified is not necessary.
- Where the risk is considered to be relevant: Only insulation-enclosed switchgear and controlgear which are IAC classified should be used.

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 importante. 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 ni avec une continuité de service.

Tableau 8.2 – Résumé des exigences techniques, des caractéristiques et des essais optionnels pour l'appareillage sous enveloppe isolante

Informations	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Particularités 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 (ou conditions spéciales de service)	2	
Dénomination des compartiments:- Jeux de barres Appareil principal Câble Transformateur de courant Transformateur de tension (etc.)	3.107 (voir 5.103.1)	Comp. jeux de barres = Comp. appareillage principal = Comp. câbles = Comp. transformateur de courant = Comp. transformateur de tension = Comp. câble/transformateur de courant = Appareillage principal/transformateur de courant = Autres comp. (à définir) =
Type du compartiment (à spécifier pour chaque compartiment haute tension) si applicable:- compartiment à accès contrôlé par verrouillage compartiment à accès contrôlé par procédure compartiment à accès contrôlé par outillage compartiment non accessible	3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	
Débrochable/non débrochable (Appareil principal)	3.125	(débrochable/non débrochable) =

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.

Table 8.2 – Summary of technical requirements, ratings and optional tests for insulation-enclosed switchgear

Information	Subclause 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 (or special service conditions)	2	
Name of compartment:- Busbar Main device Cable CT VT (etc.)	3.107 (refer to 5.103.1)	Busbar comp. = Main device comp. = Cable comp. = CT comp. = VT comp. = Cable/CT comp = Main device/CT = Other comp.(state)=
Type of compartment (specify type for each HV compartment) if applicable:- interlock controlled access compartment procedure-based access compartment tool-based access compartment non-accessible compartment	3.107.1 3.107.2 3.107.3 3.107.4	
Withdrawable/non-withdrawable (main device type)	3.125	(withdrawable/non-withdrawable) =

Informations	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
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 ou 3	4.1	
Niveau d'isolation assigné:- tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle U_d tension de tenue de choc de foudre U_p	4.2	(Valeur commune/Entre la distance de sectionnement) a) / b) /
Fréquence assignée f_r	4.3	
Courant assigné en service continu I_r Arrivée Jeu de barres Ligne d'alimentation	4.4	a) b) c)
Courant admissible de courte durée assigné I_k Circuit principal (Arrivée/Jeu de barres/Ligne d'alimentation) Circuit de terre	4.5	a) b)
Valeur de crête du courant admissible assigné I_p Circuit principal (Arrivée/Jeu de barres/Ligne d'alimentation) Circuit de terre	4.6	a) b)
Durée assignée de court-circuit t_k Circuit principal (Arrivée/Jeu de barres/Ligne d'alimentation) 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 contrôle des surpressions ou des baisses de pression (indiquer les exigences, par exemple verrouillage si indication d'une basse pression, etc.)	5.9	
Dispositifs de verrouillage (indiquer toute exigence additionnelle à celle de 5.11)	5.11	

Information	Subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
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) I b) I
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 auxiliary and control circuits 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, lockout on low-pressure indication, etc.)	5.9	
Interlocking devices (state any additional requirements to 5.11)	5.11	

Informations	Paragraphe de cette norme	Indication des exigences à apporter par l'utilisateur si nécessaire
Degrés de protection procurés par les enveloppes (si différentes 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 diélectriques sur les circuits d'essai des câbles	6.2.101	Accord avec le constructeur pour les valeurs d'essai
Mesurage des décharges partielles	7.101	
Défaut interne IAC Types d'accessibilité à l'appareillage (pour A et B, spécifier la (les) face(s) qui est (sont) nécessaire(s)) A: limité aux personnes autorisées seulement B: accès libre (y compris le public) C: accessibilité restreinte par une installation hors d'atteinte Valeur d'essai de cette classe en kA et durée en s	6.106 Annexe A, A.2 Voir également exemples en A.8 Annexe A, A.3	O/N F pour la face avant = L pour les faces latérales = R pour la face arrière =
Informations complémentaires par exemple exigences spéciales pour les essais des câbles		

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

9.101 Renseignements à donner 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 isolante, il convient que le demandeur fournisse les renseignements suivants:

- Caractéristiques propres au réseau:
Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, modalités de mise à la terre du neutre
- Conditions de service, si elles sont différentes des conditions normales (voir Article 2):
Les températures minimale et maximale de l'air ambiant; toute condition divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telle que, par exemple, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière excessive ou au sel, au rayonnement thermique, par exemple solaire, le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.
- Caractéristiques de l'installation et de ses composants:
 - classe de protection PA ou PB à fournir par l'enveloppe isolante;
 - nombre de phases;
 - nombre de jeux de barres, comme indiqué dans le schéma unifilaire;
 - tension assignée;
 - fréquence assignée;

Information	Subclause of this standard	User to indicate requirement as appropriate
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:-
Dielectric tests on cable testing circuits	6.2.101	Agree with manufacturer the test values
Partial discharge measurement	7.101	
Internal fault IAC Types of accessibility to switchgear/controlgear (for A and B, specify for the side(s) that 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 Annex A, A.2 See also examples in A.8 Annex A, 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 to be given with enquiries and orders

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

- Particulars of the system:
Nominal and highest voltage, frequency, type of system neutral earthing.
- Service conditions if different from standard (refer to Clause 2):
Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, such as, for example, unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt, thermal radiation, for example, solar, the risk of earth tremors or other vibrations due to causes external to the equipment to be delivered.
- Particulars of the installation and its components:
 - protection grade PA or PB to be provided by the insulation enclosure;
 - number of phases;
 - number of busbars, as shown in the single-line diagram;
 - rated voltage;
 - rated frequency;

- f) niveau d'isolement assigné;
- g) courants assignés en service continu des jeux de barres et des circuits d'alimentation;
- h) courant de courte durée admissible assigné (I_k);
- i) durée assignée du court-circuit (si elle est différente de 1 s);
- j) valeur de crête du courant admissible assigné (si elle est différente de 2,5 I_k);
- k) valeurs assignées des composants;
- l) degré de protection procuré par l'enveloppe isolante et les cloisons;
- m) schémas des circuits;
- n) classe d'appareillage sous enveloppe isolante (LSC1 ou LSC2);
- o) désignation des appellations et catégories des différents compartiments, si exigé;
- p) classification IAC, si spécifiée, avec les informations correspondantes I_k , I_p , t ainsi que FLR, ABC, si applicable.

4. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:

- a) types de dispositifs de manœuvre;
- b) tension assignée d'alimentation (si nécessaire);
- c) fréquence assignée d'alimentation (si nécessaire);
- d) pression assignée d'alimentation (si nécessaire);
- e) exigences spéciales de verrouillage.

En plus de ces renseignements, il convient que le demandeur indique toutes les conditions qui peuvent influencer la soumission ou la commande, telles que, par exemple, les conditions particulières de montage ou d'installation, l'emplacement des connexions externes à haute tension, les règles pour les réservoirs de pression, les exigences pour les opérations d'essais des câbles.

Il convient d'indiquer si des essais de type spéciaux sont demandés.

9.102 Renseignements à donner dans les soumissions

Il convient que les renseignements suivants soient donnés par le constructeur, si applicable, avec les notices descriptives et les plans:

1. Valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées au point 3. de 9.101.
2. Sur demande, certificats ou rapports d'essais de type.
3. Détails de construction, par exemple:
 - a) masse de l'unité de transport la plus lourde;
 - b) dimensions hors tout de l'installation;
 - c) disposition des connexions externes;
 - d) dispositifs pour le transport et le montage;
 - e) mesures à prévoir pour le montage;
 - f) désignation des appellations et catégories des différents compartiments;
 - g) faces accessibles;
 - h) renseignements concernant le fonctionnement et la maintenance;
 - i) type du système de pression de gaz ou du système de pression de liquide;
 - j) niveau de remplissage assigné et niveau minimal de fonctionnement;
 - k) volume de liquide ou masse de gaz ou de liquide pour les différents compartiments;
 - l) spécification de l'état du gaz ou du liquide.

- 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 insulation enclosure and partitions;
 - m) circuit diagrams;
 - n) type of insulation-enclosed switchgear and controlgear (LSC1 or LSC2);
 - o) description by name and category of the various compartments, if required;
 - p) 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, such as, for example, special mounting or erection conditions, the location of the external high-voltage connections, the rules for pressure vessels, requirements for cable testing.

Information should be supplied if special type tests are required.

9.102 Information to be given 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. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
 - a) types et valeurs assignées, tels qu'énumérés au point 4. de 9.101;
 - b) courant ou puissance nécessaire pour la manœuvre;
 - c) durées de manœuvre;
 - d) quantité de gaz libres, nécessaire pour la manœuvre.
5. Liste des pièces détachées qu'il est recommandé à l'utilisateur de se procurer.

10 Règles pour le transport, le stockage, le montage et la maintenance

Se référer à l'Article 10 de la CEI 60694.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage

Se référer à 10.1 de la CEI 60694.

10.2 Installation

Se référer à 10.2 de la CEI 60694, avec l'ajout d'un nouvel alinéa après le premier alinéa de 10.2.3.

Dans le cas d'un appareillage ayant une classification IAC, les instructions pour des conditions d'installation procurant une bonne protection en cas d'arc interne doivent être également fournies. Les risques liés à une installation donnée doivent être appréciés en fonction des conditions d'installation du modèle en essai au cours de l'essai d'arc interne (se référer à l'Article A.3). Ces conditions sont considérées comme des conditions minimales admissibles. Toute condition d'installation moins sévère et/ou laissant plus de place est considérée comme couverte par l'essai.

Toutefois, si l'acheteur (utilisateur) considère que le risque n'est pas applicable, l'appareillage peut être installé sans respecter les restrictions indiquées par le constructeur.

10.3 Utilisation

Se référer à 10.3 de la CEI 60694.

10.4 Maintenance

Se référer à 10.4 de la CEI 60694 avec le complément suivant:

Si, pour certaines opérations de maintenance, des cloisonnements insérés temporairement sont nécessaires pour empêcher un contact accidentel avec les parties sous tension, alors:

- Le constructeur doit proposer de fournir les cloisons nécessaires ou leur conception.
- Le constructeur doit fournir des renseignements sur les procédures de maintenance et sur l'utilisation des cloisons.
- Lorsque les cloisons sont mises en place selon les instructions du constructeur, le degré de protection IP-2X (selon la CEI 60529) doit être respecté.
- Ces cloisons doivent répondre à l'exigence de 5.103.3.
- Ces cloisons et leurs supports doivent avoir une tenue mécanique suffisante pour éviter le contact accidentel avec des parties sous tension.

NOTE Les cloisons et supports isolants prévus seulement pour la protection mécanique ne sont pas soumis à la présente norme.

Après un incident de court-circuit en service, il convient que le circuit de terre soit examiné à la recherche d'éventuels dommages et remplacé en tout ou partie si nécessaire.

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 which should be procured by the user.

10 Rules for transport, storage, erection and maintenance

Refer to Clause 10 of IEC 60694.

10.1 Conditions during transport, storage and erection

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 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 the partitions use;
- when installed according to the manufacturer's instructions, 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 damage and replaced in whole or in part if needed.

11 Sécurité

Se référer à l'Article 11 de la CEI 60694, avec le complément suivant.

11.101 Procédures

Il convient que des procédures adaptées soient mises en place par l'utilisateur pour assurer qu'un compartiment à accès basé sur procédures ne puisse être ouvert que quand les parties du circuit principal présentes dans le compartiment rendu accessible sont hors tension et mises à la terre, ou dans une position débrochée avec les volets associés en position fermée. Des procédures peuvent être imposées par les lois et règlements du pays de l'installation, ou par les instructions de sécurité de l'utilisateur.

11.102 Aspects liés à l'arc interne

En ce qui concerne la protection des personnes, la performance correcte de l'appareillage sous enveloppe isolante dans le cas d'un arc interne n'est pas seulement une question de conception de l'équipement lui-même, mais également des conditions d'installation et des procédures d'utilisation, par exemple, voir 8.3.

L'arc dû à un défaut interne dans un appareillage sous enveloppe métallique isolante peut causer une surpression dans le local électrique. Un tel effet n'est pas couvert par la présente norme, mais il convient qu'il soit pris en considération lors de la conception de l'installation.

12 Influence du produit sur l'environnement

Le constructeur doit être préparé à fournir les informations appropriées suivantes concernant l'impact sur l'environnement de l'appareillage.

Lorsque des fluides sont utilisés dans l'appareillage, des instructions doivent être fournies afin de:

- réduire le débit de fuite;
- contrôler la manipulation des nouveaux fluides et des fluides utilisés;
- indiquer la possibilité de recyclage.

Le constructeur doit donner des lignes directrices, concernant les procédures de démontage et de fin de vie pour les différents matériaux de l'équipement et leur élimination.

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 access 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear in case of an internal arc is not only a matter of design of the equipment itself, but also of the installation conditions and operating procedure, for instance, see 8.3.

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

12 Influence of the product on the environment

The manufacturer shall be prepared to provide the following relevant information about the environmental impact of the switchgear.

When fluids are used in switchgear and controlgear, instructions shall be provided in order to

- minimize the leakage rate;
- control the handling of the new and used fluids;
- indicate the possibility to recycle.

The manufacturer shall give guidance, concerning disassembly and end-of-life procedures for the different materials of the equipment and disposal.

Annexe A (normative)

Défaut interne – Méthode pour essayer l'appareillage sous enveloppe isolante dans des conditions d'arc dû à un défaut interne

A.1 Introduction

La présente annexe s'applique à l'appareillage sous enveloppe isolante de classification IAC. Cette classification est prévue pour fournir un niveau de protection testé pour les personnes se trouvant au voisinage de l'appareillage dans des conditions de fonctionnement normal, avec l'appareillage dans une position de service normale, dans le cas d'un arc interne.

Dans le cadre de la présente annexe, les conditions normales de fonctionnement signifient les conditions de l'appareillage sous enveloppe isolante nécessaires pour réaliser des manœuvres comme l'ouverture ou la fermeture des appareils de connexion haute tension, la connexion et la déconnexion des parties débrochables, la lecture des instruments de mesure et de contrôle, etc. De ce fait, si pour réaliser une quelconque de ces opérations, il est nécessaire qu'un capot soit retiré et/ou une porte soit ouverte, l'essai décrit ci-dessous doit être réalisé avec le capot retiré et/ou la porte ouverte.

Le retrait ou le remplacement de composants actifs (par exemple des fusibles haute tension ou tout autre composant démontable) n'est pas considéré comme une opération normale, de même que les opérations nécessaires pour réaliser des travaux de maintenance.

Les défauts internes dans l'appareillage sous enveloppe isolante peuvent se présenter dans différents endroits et peuvent provoquer divers phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'enveloppe provoquera une surpression interne et des échauffements locaux représentant pour l'équipement des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, certains matériaux se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur qui peuvent se dégager vers l'extérieur de l'enveloppe.

La classification arc interne IAC tient compte de la surpression interne agissant sur les capots, portes, regards, ouvertures de ventilation, etc., ainsi que de l'effet thermique de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et de particules incandescentes, mais pas des dommages causés sur les cloisons et les volets internes n'étant pas accessibles dans les conditions normales de fonctionnement.

NOTE Les influences entre compartiments d'un arc interne ne sont pas encore couvertes par la présente norme.

L'essai d'arc interne décrit ci-dessous vise à vérifier l'efficacité de la conception en regard de la protection des personnes lors d'un arc interne. Il ne couvre pas tous les effets qui peuvent constituer un risque, par exemple la présence de gaz toxiques qui peuvent être présents dans le local après le défaut. De ce point de vue, une évacuation immédiate et une ventilation des locaux avant d'y pénétrer de nouveau sont nécessaires.

Les risques de propagation d'incendie, après un arc interne, à des matériaux ou équipements combustibles placés au voisinage de l'appareillage sous enveloppe isolante ne sont pas couverts par cet essai.

Annex A

(normative)

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

A.1 Introduction

This annex applies to insulation-enclosed switchgear and controlgear of IAC classification. 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 insulation-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 work.

Internal faults inside insulation-enclosed switchgear and controlgear can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the arc energy resulting from an arc developed in any insulating fluid within the enclosure will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the equipment. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged to the outside of the enclosure.

The internal arc IAC classification makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, inspection windows, ventilation openings, etc. It also takes into consideration the thermal effects of 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 the protection of persons in case of an internal arc. It does not cover all effects which may constitute a hazard, such as the presence of gases with potential toxic characteristics that may 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.

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

A.2 Types d'accessibilité

Il faut distinguer deux classes d'accessibilité pour l'appareillage sous enveloppe isolante, qui sont possibles sur le site de l'installation:

Classe d'accessibilité A: accessibilité limitée au personnel autorisé.

Classe d'accessibilité B: accessibilité libre, y compris au public.

Correspondant à ces deux types d'accessibilité, deux conditions d'essai différentes sont mentionnées à l'Article A.3.

L'appareillage sous enveloppe isolante peut avoir des classes d'accessibilité différentes sur ses différentes faces.

A des fins d'identification des différentes faces de l'enveloppe (se référer aux Articles A.7 et A.8), la codification suivante doit être utilisée:

F pour la face avant;

L pour les faces latérales;

R pour la face arrière.

La face avant doit être clairement indiquée par le constructeur.

A.3 Montages d'essai

A.3.1 Généralités

Les points suivants doivent être respectés:

- Le modèle en essai doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des maquettes de composants intérieurs, à condition que leurs volumes et la matière de leurs parties externes soient identiques à ceux de l'original et qu'ils ne concernent pas le circuit principal ni le circuit de mise à la terre.
- Chaque compartiment d'une unité fonctionnelle, comprenant un composant du circuit principal, doit être essayé. Cela ne s'applique pas aux compartiments dans lesquels le composant principal est enrobé individuellement dans des matériaux isolants solides (voir 5.103.1). Dans le cas d'un appareillage constitué d'unités indépendantes extensibles (modulaires), le modèle en essai doit être constitué de deux unités connectées ensemble comme en service. L'essai doit être réalisé au moins dans tous les compartiments de l'extrémité de l'appareillage adjacente aux indicateurs. Toutefois, s'il y a une différence significative (selon les déclarations du constructeur) de résistance entre les panneaux intermédiaires d'unités adjacentes et le côté formant l'extrémité de l'appareillage, alors trois unités doivent être utilisées et les essais des différents compartiments doivent être répétés dans l'unité centrale.

NOTE 1 Une unité indépendante correspond à un assemblage qui peut contenir dans une enveloppe commune une ou plusieurs unités fonctionnelles juxtaposées horizontalement ou verticalement.

- Si le modèle en essai est mis à la terre, ce doit être au point de mise à la terre prévu par le constructeur.
- Les essais doivent être réalisés dans des compartiments non préalablement soumis à l'arc ou, si déjà soumis à l'arc, dans un état qui n'affecte pas le résultat des essais.
- Dans le cas de compartiments à remplissage de fluide (autre que le SF₆), l'essai doit être réalisé avec le fluide d'origine dans les conditions assignées de remplissage ($\pm 10\%$). Il est permis de remplacer le SF₆ par de l'air aux conditions assignées de remplissage ($\pm 10\%$).

NOTE 2 Si l'essai est réalisé avec de l'air à la place du SF₆, la montée de pression sera différente et il convient de prendre des précautions dans l'interprétation des résultats d'essais

A.2 Types of accessibility

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

Accessibility Type A: restricted to authorised 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 insulation-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.

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. This does not apply to compartments where the main component is individually embedded in solid insulating material (refer to 5.103.1). In the 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 1 A stand-alone unit is an assembly that may contain within a single common enclosure one or more functional units in horizontal or vertical arrangement (tier).

- 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 2 If the test is carried out with air instead of SF6, the pressure rise will be different and care should be exercised in the interpretation of the test results.

A.3.2 Simulation du local

Le local doit être représenté par un sol, le plafond et deux murs perpendiculaires l'un à l'autre. Quand cela est nécessaire, des caniveaux de câbles et/ou des conduits d'évacuation doivent également être construits.

Plafond:

Sauf indication du constructeur pour une distance d'isolement minimale plus importante, le plafond doit être placé à une distance de $600 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$ de la partie supérieure du modèle en essai. Toutefois, le plafond doit être placé à une hauteur minimale de 2 m par rapport au sol. Cette mesure s'applique pour les modèles en essai de hauteur inférieure à 1,5 m.

Le constructeur peut réaliser un essai complémentaire avec des distances d'isolement sous plafond plus faibles, de manière à valider des conditions d'installation.

Mur latéral:

Le mur latéral doit être placé à $100 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$ de la face latérale du modèle en essai. Une distance d'isolement plus faible peut être choisie sous réserve qu'il soit démontré que toute déformation permanente de la face latérale du modèle en essai n'interfère pas avec, et n'est pas limitée par, le mur.

Le constructeur peut réaliser un essai complémentaire avec des distances d'isolement plus importantes vis-à-vis du mur latéral, de manière à valider des conditions d'installation.

Mur arrière:

Le mur arrière doit être placé en fonction de la classe d'accessibilité, comme indiqué ci-dessous:

- **Face arrière non accessible:**

Sauf si le constructeur indique une distance d'isolement minimale vis-à-vis du mur plus importante, le mur doit être placé à une distance de la face arrière du modèle en essai de $100 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$. Une distance d'isolement plus faible peut être utilisée s'il peut être démontré que toute déformation permanente de la face arrière du modèle en essai n'est pas influencée ou limitée par le mur.

L'installation d'essai est considérée comme valable pour une installation plus proche du mur que l'installation d'essai, dans la mesure où deux conditions complémentaires sont remplies (se référer à l'Article A.6, Critère n°1).

Si ces conditions ne peuvent pas être établies, ou si le constructeur demande à qualifier une conception directement adossée au mur, un essai particulier sans distance d'isolement entre le mur et la face arrière doit être réalisé. Toutefois, la validité d'un tel essai ne doit pas être étendue à d'autres conditions d'installation.

Quand l'essai est réalisé avec une distance d'isolement plus importante vis-à-vis du mur arrière, comme indiqué par le constructeur, cette distance d'isolement doit être déclarée comme le minimum admissible dans les instructions d'installation. Les instructions doivent également comporter des conseils sur l'obligation d'adopter des mesures empêchant des personnes d'accéder à cette zone.

- **Face arrière accessible:**

Le mur arrière doit laisser une distance d'isolement standard de 800_{+100}^0 mm par rapport à la face arrière du modèle en essai.

Un essai supplémentaire peut être réalisé avec une distance d'isolement plus faible, pour démontrer la capacité de l'appareillage à fonctionner correctement quand l'espace est limité (par exemple, pour justifier une installation proche du mur, dans un montage sans accès arrière).

A.3.2 Room simulation

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

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^{+100}_0 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).

Quand l'essai est réalisé avec une distance d'isolement plus importante vis-à-vis du mur arrière, comme indiqué par le constructeur, cette distance d'isolement doit être déclarée comme le minimum admissible dans les instructions d'installation. Les instructions doivent également comporter des conseils sur l'obligation d'adopter des mesures empêchant des personnes d'accéder à cette zone.

- **Cas particulier, utilisation de conduits d'échappement**

Si le constructeur déclare que la conception nécessite que les caniveaux de câbles et/ou tout autre conduit d'échappement, doivent être utilisés pour évacuer les gaz produits durant l'arc interne, les dimensions minimales de leur section, leur position, et les dispositifs de sortie (volets ou grilles, avec leurs caractéristiques) doivent être spécifiés par le constructeur. L'essai doit être réalisé avec la simulation de tels conduits d'échappement. L'extrémité de sortie des conduits d'échappement doit être au minimum à 2 m de distance de l'appareillage en essai.

NOTE Les effets possibles des gaz chauds à l'extérieur du local contenant l'appareillage ne sont pas couverts par la présente norme.

A.3.3 Indicateurs (pour constater les effets thermiques des gaz)

A.3.3.1 Généralités

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir, disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers le modèle en essai.

De la cretonne noire (tissu de coton d'environ 150 g/m²), ou de la doublure de coton noire (environ 40 g/m²), doivent être utilisées pour les indicateurs, en fonction de la classe d'accessibilité.

Il faut faire attention à ce qu'un indicateur vertical ne puisse pas en enflammer un autre. Cela peut être obtenu en les plaçant dans des cadres de montage en tôle d'acier, avec une profondeur de $2 \times 30 \pm 3$ mm, se référer à la Figure A.1.

Pour les indicateurs horizontaux, il faut éviter que des particules incandescentes ne s'accumulent. Cela peut être obtenu en montant les indicateurs sans cadre, comme indiqué à la Figure A.2.

Les dimensions de l'indicateur doivent être de 150 mm x 150 mm ($+15_0$ mm).

A.3.3.2 Disposition des indicateurs

Les indicateurs doivent être placés sur toutes les faces accessibles, sur un support de montage, à des distances dépendant des classes d'accessibilité.

La longueur des supports de montage doit être supérieure à celle du modèle en essai pour prendre en compte la possibilité d'éjection de gaz chauds à des angles jusqu'à 45° par rapport à la surface en essai. Cela signifie que les supports de montage sur chaque face, si applicable, doivent être 100 mm plus longs que l'exemplaire en essai dans le cas d'une classe d'accessibilité B, ou de 300 mm dans le cas d'une classe d'accessibilité A, dans la mesure où la position des murs dans la disposition de la simulation du local n'empêche pas la mise en place des indicateurs.

NOTE Dans tous les cas, la distance entre l'appareillage et les indicateurs installés verticalement est mesurée de la surface de l'enveloppe, en ignorant les éléments qui dépassent (par exemple poignées, cadres d'appareils, etc.). Si la surface de l'appareillage n'est pas régulière, il convient que les indicateurs soient placés de manière à simuler de façon aussi réaliste que possible la position qu'une personne peut généralement adopter en face de l'équipement, à la distance indiquée ci-dessus, en fonction de la classe d'accessibilité.

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.

- **Special case, use of exhausting ducts:**

If the manufacturer claims that the design requires that cable access way and/or any other exhausting duct needs to be used to evacuate gases generated during the internal arc, their minimum cross-section dimensions, location and output features (flaps or grid, with their characteristics) shall be stated by the manufacturer. The test shall be carried out with simulation of such exhausting ducts. The output end of the exhausting ducts shall be at least 2 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.

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 $2 \times 30_{-3}^0$ mm, 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 mm × 150 mm ($+15_{-0}$ mm).

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 the case of accessibility type B, or 300 mm in the 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 may usually adopt in front of the equipment, at the above-indicated distance, according to the type of accessibility.

a) Classe d'accessibilité A (personnel autorisé)

De la cretonne noire (tissu de coton d'environ 150 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs.

Les indicateurs doivent être installés verticalement pour toutes les faces accessibles de l'appareillage sous enveloppe isolante, jusqu'à une hauteur de 2 m, régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se référer aux Figures A.3 et A.4).

La distance des indicateurs à l'appareillage doit être de 300 mm ± 15 mm.

Des indicateurs doivent également être installés horizontalement à une hauteur de 2 m au-dessus du sol comme indiqué dans les Figures A.3 et A.4, de façon à couvrir toute la surface entre 300 mm et 800 mm de l'appareillage sous enveloppe isolante. Si le plafond est placé à une hauteur de 2 m au-dessus du sol (se référer à l'alinéa a) de A.3.2), aucun indicateur horizontal n'est nécessaire. Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se référer aux Figures A.3 et A.4).

b) Classe d'accessibilité B (public)

De la doublure de coton noire (environ 40 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs.

Les indicateurs doivent être installés verticalement pour toutes les faces accessibles de l'appareillage sous enveloppe isolante, jusqu'à une hauteur de 2 m au-dessus du sol. Si la hauteur réelle du modèle est inférieure à 1,9 m, les indicateurs verticaux doivent être installés jusqu'à une hauteur de 100 mm supérieure à celle du modèle en essai.

Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se référer aux Figures A.3 et A.5).

La distance des indicateurs à l'appareillage doit être de 100 mm ± 5 mm.

Des indicateurs doivent également être installés horizontalement à une hauteur au-dessus du sol comme indiqué à la Figure A.5 de façon à couvrir toute la surface entre 100 mm et 800 mm de l'appareillage sous enveloppe isolante. Si le modèle en essai a une hauteur inférieure à 2 m, les indicateurs doivent être placés directement au-dessus de la face supérieure, comme pour les faces accessibles, à une distance de 100 mm ± 5 mm (se référer à la Figure A.6). Ils doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface (se référer aux Figures A.5 et A.6).

c) Conditions spéciales d'accessibilité

De la doublure de coton noire (environ 40 g/m²) doit être utilisée pour les indicateurs.

Quand l'utilisation normale nécessite de se tenir ou de marcher sur l'équipement, des indicateurs horizontaux doivent être placés au-dessus de la surface accessible supérieure, comme indiqué à la Figure A.6, quelle que soit la hauteur de l'appareillage.

A.4 Courant et tension appliqués

A.4.1 Généralités

Les essais de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être réalisés en triphasé (pour les systèmes triphasés). Le courant de court-circuit appliqué pendant l'essai correspond au courant de courte durée admissible assigné. Il peut être inférieur sur déclaration du constructeur.

Les essais réalisés à des valeurs données de tension, de courant et de durée, couvrent généralement toutes les valeurs plus faibles de tension, de courant et de durée.

NOTE Un niveau de courant plus faible peut influencer le comportement des dispositifs limiteurs de pression et la performance de perforation. Pour un niveau de courant de court-circuit plus faible que celui essayé, il convient de prendre des précautions dans l'interprétation des résultats.

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 insulation-enclosed switchgear and controlgear up to a height of 2 m evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear. When the ceiling is placed at a height of 2 m above the floor (refer to A.3.2a)) no horizontal indicators are required. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figures 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 insulation 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 % to 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear. If the test specimen is lower than 2 m, indicators shall be placed direct 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 % to 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 the upper accessible surface, as described in Figure A.6, whatever the height of the switchgear and controlgear.

A.4 Current and voltage applied**A.4.1 General**

The tests on insulation-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 lower short-circuit current level than tested, care should be taken in the interpretation of the results.

A.4.2 Tension

Il convient que la tension appliquée sur le circuit d'essai soit égale à la tension assignée de l'appareillage sous enveloppe isolante. Quand l'installation d'essai ne le permet pas, une tension inférieure à cette valeur peut être choisie si les conditions suivantes sont respectées pendant la durée de l'essai:

- a) la valeur efficace vraie du courant, telle que calculée par un enregistreur numérique, satisfait aux exigences sur le courant de A.4.3;
- b) l'arc ne s'éteint pas prématurément dans aucune des phases où il a été amorcé.

A.4.3 Courant

A.4.3.1 Composante alternative

Le courant de court-circuit pour lequel l'appareillage sous enveloppe isolante est spécifié par rapport à l'arc doit être fixé avec une tolérance de $^{+5}_0$ %. Si la tension appliquée est égale à la tension assignée, cette tolérance s'applique au courant présumé.

Il convient que le courant reste constant. Si la station d'essai ne peut pas satisfaire à cette condition, la durée d'essai doit être allongée jusqu'au moment où l'intégrale de la composante alternative du courant devient égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de $^{+10}_0$ %. Dans ce cas, le courant doit être égal à la valeur spécifiée au moins pendant les trois premières demi-périodes et ne doit pas descendre en dessous de 50 % de la valeur spécifiée à la fin de l'essai.

A.4.3.2 Courant de crête

Le moment de la fermeture doit être choisi de telle façon que la valeur présumée du courant de crête, avec une tolérance de $^{+5}_0$ %, parcourant un des pôles extérieurs soit 2,5 fois (pour les fréquences jusqu'à 50 Hz), ou 2,6 fois (pour 60 Hz) la valeur efficace de la composante alternative définie en A.4.3.1 et qu'une grande boucle de courant soit simultanément présente dans l'autre pôle extérieur. Si la tension est inférieure à la tension assignée, la valeur de crête du courant de court-circuit pour l'appareillage sous enveloppe isolante en essai ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur de crête assignée.

NOTE 1 Pour des valeurs plus importantes de la constante de temps en courant continu du réseau d'alimentation, il convient d'utiliser une valeur uniforme de 2,7 fois la valeur efficace de la composante alternative comme valeur assignée pour les applications 50 Hz et 60 Hz.

NOTE2 La grande boucle dans l'autre pôle extérieur a généralement une valeur de crête plus faible que les valeurs indiquées ci-dessus.

Dans le cas d'un amorçage de l'arc entre deux phases, le moment de fermeture doit être choisi de façon à fournir la composante continue maximale possible.

A.4.4 Fréquence

Pour une fréquence assignée de 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai doit se situer entre 48 Hz et 62 Hz. Pour d'autres fréquences, elle ne doit pas dévier de la valeur assignée de plus de ± 10 %.

Quand le fonctionnement de dispositifs rapides de protection dépend de la fréquence, l'essai doit être réalisé à la fréquence assignée de ces dispositifs ± 10 %.

A.4.5 Durée d'essai

La durée d'essai doit être indiquée par le constructeur. Les valeurs préconisées sont: 1 s, 0,5 s et 0,1 s.

A.4.2 Voltage

The applied voltage of the test circuit should be equal to the rated voltage of the insulation-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:

- a) the true r.m.s. current value as computed by a digital recording device complies with current requirements of A.4.3;
- b) 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 insulation-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 poles 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 pole. If the voltage is lower than the rated voltage, the peak value of the short-circuit current for the insulation-enclosed switchgear and controlgear under test shall not drop below 90 % of the rated peak value.

NOTE 1 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.

NOTE 2 The major loop in the other outer pole generally has a lower peak value than the stated values above.

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 ± 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 ± 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 Il n'est généralement pas possible de calculer la durée d'arc admissible pour un courant différent du courant d'essai. La pression maximale pendant l'essai ne diminue généralement pas avec la diminution de la durée d'arc et il n'existe pas de règle générale d'après laquelle la durée d'arc admissible peut être augmentée en cas de courant d'essai plus faible.

A.5 Procédure d'essai

A.5.1 Circuit d'alimentation

Si applicable, le circuit d'alimentation doit être triphasé, sauf pour les essais d'appareillage à phases compartimentées si aucune influence mutuelle ne peut exister entre les compartiments des différentes phases. Le point neutre du circuit d'alimentation peut être soit isolé, soit relié à la terre à travers une impédance, de telle manière que le courant à la terre maximal reste inférieur à 100 A. De cette manière, l'essai couvre tous les cas de mise à la terre du neutre.

NOTE 1 Les défauts d'arc internes avec un neutre directement relié à la terre sont moins sévères.

Quand l'essai est réalisé sur une partie de l'appareillage dans laquelle les phases sont compartimentées, le circuit d'alimentation doit être monophasé avec une des connexions à la terre. Le courant d'essai doit être égal au courant triphasé défini en A.4.3.1.

Il faut porter attention à ce que les connexions n'interfèrent pas avec les conditions d'essai.

Le sens d'alimentation doit être comme suit:

- pour un compartiment câbles: alimentation à partir du jeu de barres, à travers l'appareil de connexion principal.
- pour un compartiment jeux de barres: les connexions d'alimentation ne doivent pas créer d'ouverture dans le compartiment en essai. L'alimentation doit être réalisée à travers un écran, si des barrières sont installées pour créer des compartiments jeux de barres séparés entre les unités fonctionnelles, ou à travers l'appareil de connexion principal situé à une extrémité de l'appareillage, si le compartiment jeux de barres est commun à tout l'appareillage.

NOTE 2 Dans le cas de conceptions non symétriques du compartiment jeux de barres, il convient de rechercher les conditions d'amorçage de l'arc interne les plus sévères, en fonction de l'énergie d'arc et des risques de perforation.

- pour le compartiment du commutateur principal: alimentation à partir du jeu de barres, avec l'appareil en position fermée.
- pour un compartiment avec plusieurs composants du circuit principal à l'intérieur: alimentation à travers un ensemble de traversées disponible, avec tous les appareils de connexion en position fermée à l'exception des sectionneurs de terre, le cas échéant, qui doivent être ouverts.

A.5.2 Amorçage de l'arc

L'arc doit être amorcé entre toutes les phases par un fil métallique d'environ 0,5 mm de diamètre ou, dans le cas où les conducteurs de phases sont compartimentés, entre une phase et la terre.

Le point d'amorçage doit être situé au point le plus éloigné de l'alimentation, à l'intérieur du compartiment en essai.

Dans les unités fonctionnelles où les parties sous tension sont couvertes par un isolant solide, l'arc doit être amorcé entre deux phases voisines, avec une valeur de courant égale à 87 % de la valeur assignée ou, lorsque les conducteurs de phases sont compartimentés, entre une phase et la terre aux endroits suivants:

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.

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

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 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) à des fentes ou des surfaces de joint entre l'isolant des pièces enrobées;
- b) par perforation à des joints isolants confectionnés sur le site lorsque des parties isolantes préfabriquées ne sont pas utilisées.

A l'exception du cas b), l'isolant solide ne doit pas être perforé. L'alimentation doit être triphasée, afin de permettre au défaut de se transformer en un défaut triphasé (si applicable).

A.5.2.1 Compartiments câbles avec des connexions embrochables ou isolation solide réalisée sur site

Pour des compartiments câbles dans lesquels les connexions sont toujours réalisées avec des connecteurs enfichables, avec écran ou sans, ou avec une isolation solide reconstituée sur site, les deux phases en essai doivent être équipées de connecteurs non isolés. La troisième phase doit être équipée avec un connecteur embrochable, pouvant être utilisé en service, apte à être mis sous tension.

NOTE L'expérience montre que le défaut n'évolue généralement pas vers un défaut triphasé; de ce fait, le choix de l'équipement de la troisième phase n'est pas crucial.

Dans tous les cas de défaut entre deux phases, le courant d'essai doit être le courant de défaut entre deux phases d'un circuit d'alimentation triphasé défini selon A.4.3. Cela signifie que le courant réel, sauf si le défaut évolue vers un défaut triphasé, est réduit à environ 0,87 fois le courant admissible d'arc interne spécifié.

Dans les réseaux à neutre directement à la terre (potentiel du neutre fixé), ou dans les réseaux avec une protection contre les défauts à la terre, le courant de court-circuit entre une phase et la terre, qui est généralement inférieur au courant de défaut possible entre deux phases, sera éliminé rapidement. Pour l'appareillage, prévu uniquement pour cette utilisation restreinte, il est acceptable de faire l'essai correspondant, à la place de l'essai entre deux phases décrit précédemment. L'arc sera alors amorcé entre une phase et la terre, sous réserve que les autres phases soient sous tension pour permettre à l'arc d'évoluer en triphasé. En tant que courant admissible d'arc interne spécifié, la valeur monophasée essayée s'applique.

A.6 Critères d'acceptation

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

Critère N° 1

Si les portes et les capots normalement verrouillés ne se sont pas ouverts. Les déformations sont acceptables, à condition qu'aucune partie ne vienne aussi loin que la position des indicateurs ou des murs (le plus proche des deux) sur toutes les faces. Il n'est pas nécessaire que l'appareillage satisfasse à son indice de protection IP après l'essai.

Pour étendre l'application du critère d'acceptation à une installation montée plus proche du mur que pendant l'essai (se référer au point a) de A.3.2), deux conditions supplémentaires doivent être satisfaites:

- La déformation permanente est inférieure à la distance au mur envisagée.
- Les gaz d'échappement ne sont pas dirigés vers le mur.

Critère N° 2

- Aucune fragmentation de l'enveloppe ne survient pendant la durée spécifiée de l'essai.
- Des projections de petits morceaux, jusqu'à une masse individuelle de 60 g, sont acceptées.

- 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 times 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

Insulation-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 does 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 A.3.2a)), 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 a individual mass of 60 g, are accepted.

Critère N° 3

L'arc ne crée pas d'ouverture dans les faces accessibles de l'enveloppe à une hauteur inférieure à 2 m.

Critère N° 4

Les indicateurs ne sont pas enflammés sous l'effet des gaz chauds.

Si les indicateurs commencent à brûler pendant l'essai, le critère d'acceptation peut néanmoins être considéré comme satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, par vidéo ou autre moyen adapté, peuvent être utilisées par le laboratoire d'essais pour établir la preuve.

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

Critère N° 5

L'enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre. Une inspection visuelle est généralement suffisante pour évaluer la conformité. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée, se référer au point b) de 6.6.

A.7 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être fournies dans le rapport d'essai:

- Caractéristiques et description de l'unité d'essai, accompagnées d'un plan avec les dimensions principales, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, la disposition des clapets de détente et la méthode de fixation au plancher et/ou aux murs de l'appareillage sous enveloppe isolante.
- Disposition des raccordements d'essai.
- Point et méthode d'amorçage du défaut interne.
- Dessins du montage d'essai (simulation du local, modèle en essai et supports des indicateurs) en cohérence avec la classe d'accessibilité (A ou B), les faces d'accessibilité (F, L ou R) et les conditions d'installation.
- Tension appliquée et fréquence.
- Concernant le courant présumé ou le courant d'essai:
 - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;
 - b) valeur de crête la plus grande;
 - c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle d'essai;
 - d) durée d'essai.
- Enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions.
- Interprétation des résultats d'essai, comprenant la liste des observations correspondant à l'Article A.6.
- Photographies de l'exemplaire en essai, avant et après l'essai.
- Autres informations utiles.

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 6.6b).

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 insulation-enclosed switchgear and controlgear to the floor and/or to the walls.
- 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 or B), 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 Désignation de la classification IAC

Dans le cas où la classification IAC est démontrée au moyen d'essais, selon 6.106, l'appareillage sous enveloppe isolante sera désigné de la façon suivante:

- Généralités: classification IAC (initiales de l'appellation anglaise, *Internal arc classified*)
- Accessibilité: A ou B (selon l'Article A.2)
- Valeurs d'essai: valeur du courant d'essai en kA, et durée en s.

Cette désignation doit figurer sur la plaque signalétique (se référer à 5.10).

Exemple 1: un appareillage sous enveloppe isolante essayé avec un courant de défaut (valeur efficace) de 12,5 kA, pour une durée de 0,5 s, destiné à être installé sur un site accessible au public et essayé avec des indicateurs placés sur les faces avant, latérales et arrière, est désigné comme suit:

Classification IAC BFLR

Arc interne: 12,5 kA 0,5 s

Exemple 2: un appareillage sous enveloppe isolante essayé avec un courant de défaut (valeur efficace) de 16 kA, pour une durée de 1 s, destiné à être installé dans les conditions suivantes:

Avant: accessible au public

Arrière: accès réservé aux opérateurs

Côtés: non accessible

est désigné comme suit:

Classification IAC BF-AR

Arc interne: 16 kA 1 s

A.8 Designation of IAC classification

In the case where the IAC classification is proven by the tests, according to 6.106, the insulation enclosed switchgear and controlgear will be designated as follows:

- General: classification IAC (initials of internal arc classified)
- Accessibility: A or B (according to Clause A.2)
- Test values: test current in kA, and duration in seconds.

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

Example 1: an insulation-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 the front, lateral and rear sides, is designated as follows:

Classification IAC BFLR

Internal arc: 12,5 kA 0,5 s

Example 2: an insulation-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

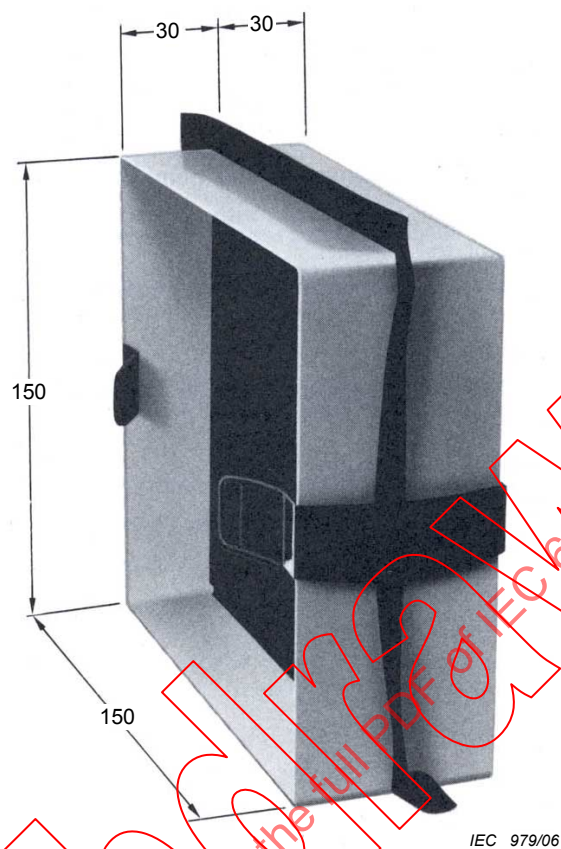
is designated as follows:

Classification IAC

BF-AR

Internal arc:

16 kA 1s.



Dimensions en millimètres

Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux

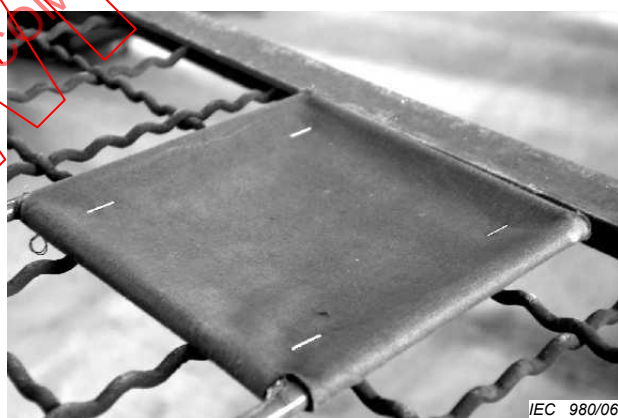


Figure A.2 – Indicateur horizontal