

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 517

Première édition — First edition

1975

**Appareillage à haute tension sous enveloppe métallique
de tensions nominales égales ou supérieures à 72,5 kV**

**High-voltage metal-enclosed switchgear
for rated voltages of 72.5 kV and above**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 517

Première édition — First edition

1975

**Appareillage à haute tension sous enveloppe métallique
de tensions nominales égales ou supérieures à 72,5 kV**

**High-voltage metal-enclosed switchgear
for rated voltages of 72.5 kV and above**



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
4. Conditions de service	10
5. Conditions pendant le transport, le stockage et le montage	12
SECTION DEUX – CARACTÉRISTIQUES NOMINALES	
6. Caractéristiques	12
7. Tension nominale	12
8. Niveau d'isolement nominal	12
9. Fréquence nominale	12
10. Courant nominal en service continu	12
11. Courant de courte durée admissible nominal	14
12. Valeur de crête du courant admissible nominal	14
13. Coordination des caractéristiques nominales	14
14. Echauffement	16
15. Degrés de protection	18
16. Tensions, fréquences et pressions nominales d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande	18
SECTION TROIS – CONCEPTION ET CONSTRUCTION	
17. Généralités	22
18. Enveloppes et cloisons	22
19. Alimentation en énergie électrique et pneumatique des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande	24
20. Sectionneurs	24
21. Mise à la terre et sectionneurs de terre	26
22. Verrouillages	26
23. Prescriptions concernant la dilatation, la contraction et le défaut d'alignement	28
24. Bruit	28
25. Etanchéité	28
26. Essais des câbles	28
27. Informations, plaques signalétiques	28
SECTION QUATRE – ESSAIS	
28. Généralités	30
29. Essais sur éléments séparés	30
30. Classification des essais	30
31. Essais de tension	32
32. Essais d'échauffement	32
33. Essais des circuits principaux au courant de courte durée	40
34. Essais des circuits de terre au courant de courte durée	42
35. Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	42
36. Essai à l'arc interne	42
37. Essais de fonctionnement mécanique	42
38. Essais de fonctionnement aux températures extrêmes	42
39. Vérification des degrés de protection	44
40. Essais de détection des fuites de fluide	44
41. Mesure de l'humidité	44
42. Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	44
43. Contrôle de la filerie	44
ANNEXE A – Essais de fonctionnement aux températures extrêmes	46
ANNEXE B – Méthode recommandée pour l'essai de protection contre les intempéries de l'appareillage sous enveloppe métallique pour l'installation à l'extérieur	48
FIGURES	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE – GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
4. Service conditions	11
5. Conditions during transport, storage and erection	13
SECTION TWO – RATING	
6. Rated values	13
7. Rated voltage	13
8. Rated insulation level	13
9. Rated frequency	13
10. Rated normal current	13
11. Rated short-time withstand current	15
12. Rated peak withstand current	15
13. Co-ordination of rated values	15
14. Temperature rise	17
15. Degrees of protection	19
16. Rated supply voltages, frequencies and pressures of operating devices and of auxiliary and control circuits	19
SECTION THREE – DESIGN AND CONSTRUCTION	
17. General	23
18. Enclosures and partitions	23
19. Electrical and pneumatic supply of operating devices and of auxiliary and control circuits	25
20. Disconnectors (isolators)	25
21. Earthing and earthing switches	27
22. Interlocks	27
23. Provision for expansion, contraction and misalignment	29
24. Noise	29
25. Tightness	29
26. Tests on cables	29
27. Information, nameplates	29
SECTION FOUR – TESTS	
28. General	31
29. Unit testing	31
30. Classification of tests	31
31. Voltage tests	33
32. Temperature-rise tests	39
33. Short-time current tests on main circuits	41
34. Short-time current tests on earthing circuits	43
35. Verification of making and breaking capacities	43
36. Internal arc test	43
37. Mechanical operation tests	43
38. Operation tests at limit temperatures	43
39. Verification of the degrees of protection	45
40. Fluid leakage tests	45
41. Measurement of moisture	45
42. Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	45
43. Check of wiring	45
APPENDIX A – Operation tests at limit temperatures	47
APPENDIX B – Recommended method for the weatherproofing test for outdoor metal-enclosed switchgear	49
FIGURES	50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPAREILLAGE À HAUTE TENSION SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE
DE TENSIONS NOMINALES ÉGALES OU SUPÉRIEURES À 72,5 kV**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Sous-Comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du Comité d'Etudes n° 17 de la CEI: Appareillage.

Conformément à une recommandation du Sous-Comité émise pendant la réunion tenue à Washington en mai 1970, un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en novembre 1971. Un deuxième projet fut discuté lors de la réunion tenue à Munich en juin 1973. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 17C(Bureau Central)16, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Israël
Italie
Japon
Norvège

Pays-Bas
Pologne
Portugal
Roumanie
Suède
Suisse
Turquie
Union des Républiques Socialistes
Soviétiques
Yougoslavie

Le Comité britannique a émis un vote négatif parce que les tensions nominales de tenue aux chocs de foudre, indiquées dans le tableau II pour les tensions nominales égales ou supérieures à 300 kV, sont trop faibles et pourraient provoquer des difficultés en ce qui concerne la coordination de l'isolement du réseau.

Les tensions nominales de tenue à fréquence industrielle, indiquées dans le tableau II pour les tensions nominales égales ou supérieures à 300 kV, ont été réduites à la suite du rapport sur le vote en vue de les rendre conformes aux décisions prises par le Sous-Comité 17A lors de la réunion tenue à Grenoble en septembre 1973, concernant les «Nouvelles spécifications d'essais diélectriques pour les disjoncteurs à haute tension».

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR
FOR RATED VOLTAGES OF 72.5 kV AND ABOVE**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by Sub-Committee 17C, High-voltage Enclosed Switchgear and Controlgear, of IEC Technical Committee No. 17, Switchgear and Controlgear.

Following a recommendation by the Sub-Committee during the meeting held in Washington in May 1970, a first draft was discussed at the meeting held in Paris in November 1971. A second draft was discussed at the meeting held in Munich in June 1973. As the result of this latter meeting, a draft, document 17C(Central Office)16, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Poland
Belgium	Portugal
Denmark	Romania
France	South Africa (Republic of)
Germany	Sweden
Israel	Switzerland
Italy	Turkey
Japan	Union of Soviet Socialist Republics
Netherlands	United States of America
Norway	Yugoslavia

The British Committee cast a negative vote for the reason that the rated lightning impulse withstand voltages given in Table II for rated voltages of 300 kV and above are too low and would produce problems with regard to the insulation co-ordination of the network.

The rated power frequency withstand voltages given in Table II for rated voltages of 300 kV and above were reduced in relation to the voting report in order to bring them into conformity with the decision of Sub-Committee 17A at the meeting held in Grenoble in September 1973 on "New dielectric test specification for high-voltage circuit-breakers".

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE DE TENSIONS NOMINALES ÉGALES OU SUPÉRIEURES À 72,5 kV

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente publication s'applique à l'appareillage à haute tension sous enveloppe métallique dont l'isolement est réalisé, au moins partiellement, par un fluide isolant autre que l'air à la pression atmosphérique et qui est prévu pour des tensions nominales, en courant alternatif, égales ou supérieures à 72,5 kV, pour l'installation à l'intérieur et pour l'installation à l'extérieur.

L'appareillage à haute tension sous enveloppe métallique auquel s'applique cette publication est constitué par des éléments individuels destinés à être directement raccordés entre eux et ne pouvant fonctionner que sous cette forme.

La présente publication complète et modifie, si nécessaire, les différentes normes spécifiques applicables aux éléments individuels constitutifs de l'appareillage sous enveloppe métallique.

2. Objet

La présente publication a pour objet de formuler les prescriptions concernant la classification, la construction, les caractéristiques nominales et les essais.

3. Définitions

Les définitions ci-après s'appliquent à la présente publication.

3.1 Appareillage de connexion

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 supports correspondants, destinés en principe à être utilisés dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique.

Note. – Dans cette publication, le mot «appareillage» est utilisé comme abréviation dans le sens d'appareillage de connexion.

3.2 Appareillage sous enveloppe métallique

Ensemble d'appareillage avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, entièrement terminée à l'exception des connexions extérieures.

3.3 Appareillage préfabriqué

Appareillage fabriqué en usine sous forme d'unités de transport montées et essayées sous la responsabilité du constructeur.

3.4 Unité de transport

Ensemble ou sous-ensemble d'appareillage à enveloppe métallique pouvant être transporté sans être démonté.

3.5 Enveloppe

Partie enveloppante de l'appareillage sous enveloppe métallique destinée à contenir le fluide isolant dans les conditions prescrites nécessaires pour conserver avec sécurité le niveau d'isolement. Elle empêche le personnel de s'approcher par inadvertance des parties sous tension ou en mouvement situées à l'intérieur et protège les éléments enfermés du matériel contre les effets extérieurs.

HIGH-VOLTAGE METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR FOR RATED VOLTAGES OF 72.5 kV AND ABOVE

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

This publication covers high-voltage metal-enclosed switchgear, the insulation of which is obtained, at least partly, by an insulating fluid other than air at atmospheric pressure and designed for alternating current of rated voltages of 72.5 kV and above; it covers both indoor and outdoor installations.

The high-voltage metal-enclosed switchgear covered by this publication consists of individual elements intended to be directly connected together and able to operate only in this manner.

This publication completes and amends, if necessary, the various relevant standards applying to the individual elements constituting metal-enclosed switchgear.

2. Object

The purpose of this publication is to establish provisions concerning classification, construction, ratings and tests.

3. Definitions

For the purpose of this publication, the following definitions shall apply.

3.1 *Switchgear*

A 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, intended in principle for use in connection with generation, transmission, distribution and conversion of electric power.

3.2 *Metal-enclosed switchgear*

Switchgear assemblies with an external metal-enclosure intended to be earthed, and complete except for external connections.

3.3 *Factory-assembled switchgear*

Switchgear built in the factory as transportable assemblies constructed and tested under the responsibility of the manufacturer.

3.4 *Transportable assembly*

An assembly or sub-assembly of metal-enclosed switchgear suitable for shipping without being dismantled.

3.5 *Enclosure*

The surrounding part of the metal-enclosed switchgear used to retain the insulating fluid under the prescribed conditions necessary to maintain safely the insulation level. It prevents personnel from inadvertently approaching live or moving parts contained therein and protects the internal components of the equipment against external effects.

3.6 *Compartiment*

Partie d'appareillage sous enveloppe métallique entièrement enfermée dans une enveloppe sans dispositions autres que celles nécessaires aux connexions, à la commande et à la manœuvre.

Note. – Un compartiment peut être désigné par le matériel principal qu'il contient, par exemple compartiment disjoncteur, compartiment barres omnibus.

3.7 *Cloison*

Partie de l'enveloppe d'un compartiment qui le sépare d'un autre compartiment.

3.8 *Traversée*

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

3.9 *Tension nominale (de l'appareillage sous enveloppe métallique)*

Tension utilisée pour désigner l'appareillage sous enveloppe métallique et à laquelle se réfèrent les conditions de fonctionnement.

Note. – La valeur efficace de cette tension est désignée par U dans la présente publication.

3.10 *Niveau d'isolement nominal (de l'appareillage sous enveloppe métallique)*

Valeurs des tensions de tenue aux ondes de choc et de la tension de tenue à fréquence industrielle qui, ensemble, caractérisent l'isolement de l'appareillage sous enveloppe métallique en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques correspondant aux tableaux I et II.

3.11 *Courant nominal en service continu (d'un circuit)*

Courant qu'un circuit d'appareillage sous enveloppe métallique peut supporter indéfiniment dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il est exprimé en valeur efficace.

3.12 *Courant de courte durée admissible (d'un circuit)*

Courant présumé auquel un circuit d'appareillage sous enveloppe métallique peut être soumis pendant un court intervalle de temps spécifié et dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

Il est exprimé en valeur efficace.

3.13 *Valeur de crête du courant admissible (d'un circuit)*

Valeur de crête du courant présumé à laquelle un circuit d'appareillage sous enveloppe métallique peut être soumis dans des conditions prescrites d'emploi et de fonctionnement.

3.14 *Fréquence nominale (de l'appareillage sous enveloppe métallique)*

Fréquence de service pour laquelle l'appareillage sous enveloppe métallique a été établi et à laquelle correspondent ses autres valeurs caractéristiques.

3.15 *Température de l'air ambiant (de l'appareillage sous enveloppe métallique)*

Température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air à l'extérieur de l'enveloppe externe de l'appareillage sous enveloppe métallique.

3.16 *Circuit principal (d'un appareillage sous enveloppe métallique)*

Ensemble des pièces conductrices de l'appareillage sous enveloppe métallique insérées dans les circuits que les appareils de connexion ont pour fonction de fermer ou d'ouvrir, ou qui sont connectées à ces circuits.

3.6 *Compartment*

A part of metal-enclosed switchgear, totally enclosed except for means necessary for interconnection and control.

Note. – A compartment may be designated by the main component contained therein, e.g. circuit-breaker compartment, busbar compartment.

3.7 *Partition*

A part of the enclosure of a compartment separating it from another compartment.

3.8 *Bushing*

A structure carrying a conductor through a partition or an enclosure and insulating it therefrom, including the means of attachment to the partition or enclosure.

3.9 *Rated voltage (of metal-enclosed switchgear)*

The voltage used to designate the metal-enclosed switchgear and to which the operating conditions are related.

Note. – The r.m.s. value of this voltage is designated by U in this publication.

3.10 *Rated insulation level (of metal-enclosed switchgear)*

The values of the impulse withstand voltages and the power frequency withstand voltage which together characterize the insulation of the metal-enclosed switchgear with regard to its ability to withstand the dielectric stresses according to Tables I and II.

3.11 *Rated normal current (of a circuit)*

The current which a circuit of metal-enclosed switchgear is capable of carrying continuously under specified conditions of use and behaviour.

It is expressed as an r.m.s. value.

3.12 *Short-time withstand current (of a circuit)*

The prospective current to which a circuit of metal-enclosed switchgear can be subjected during a specified short time under the prescribed conditions of use and behaviour.

It is expressed as an r.m.s. value.

3.13 *Peak withstand current (of a circuit)*

The prospective peak current to which a circuit of metal-enclosed switchgear can be subjected under the prescribed conditions of use and behaviour.

3.14 *Rated frequency (of metal-enclosed switchgear)*

The service frequency for which the metal-enclosed switchgear is designed and to which its other characteristic values correspond.

3.15 *Ambient air temperature (of metal-enclosed switchgear)*

The temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the external enclosure of the metal-enclosed switchgear.

3.16 *Main circuit (of a metal-enclosed switchgear assembly)*

All the conducting parts of the metal-enclosed switchgear assembly included in the circuits which its switching devices are designed to close or open, or which are connected to these circuits.

3.17 Circuits auxiliaires et de commande (d'un appareillage sous enveloppe métallique)

Ensemble des pièces conductrices de l'appareillage sous enveloppe métallique prévues pour être connectées aux appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage.

4. Conditions de service

4.1 Conditions normales de service

La présente publication s'applique à l'appareillage sous enveloppe métallique destiné à être utilisé dans les conditions suivantes:

a) Sauf spécification contraire, les limites de la température de l'air ambiant sont:

- (1) La température de l'air ambiant n'excède pas 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.
- (2) La température minimale de l'air ambiant est de:
Pour l'installation à l'intérieur: – 5 °C
Pour l'installation à l'extérieur:
– climat tempéré: – 25 °C
– climat arctique: – 50 °C

Notes 1. – Les installations prévues pour fonctionner entre des limites de température de l'air ambiant différentes de celles indiquées ci-dessus restent dans le domaine d'application de cette publication.

2. – Des mesures appropriées devront être prises pour assurer le fonctionnement correct des matériels, par exemple des relais, qui ne sont pas prévus pour ces conditions.

b) A une altitude quelconque, les caractéristiques diélectriques de l'isolation interne sont identiques à celles mesurées au niveau de la mer. Pour cette isolation la présente publication ne fixe aucune prescription concernant l'altitude.

Pour l'isolation externe et pour le matériel auxiliaire à basse tension, on tiendra compte de l'altitude selon la règle normale.

c) L'air ambiant ne contient pratiquement pas de poussière, de fumée, de gaz et vapeurs corrosifs ou inflammables, ou de sels.

d) Pour l'installation à l'extérieur, le constructeur devra tenir compte de la présence de condensation, pluie, neige, d'une couche de glace pouvant atteindre une épaisseur de 1 mm, ou de givre et des changements rapides de température, d'une pression due au vent de 700 N/m² et des effets du rayonnement solaire.

Note. – Cela ne signifie pas que l'appareillage pour l'installation à l'extérieur pourra conduire le courant nominal en service continu dans toutes les conditions de rayonnement solaire sans que les limites d'échauffement spécifiées dans l'article 14 soient dépassées.

e) Pour l'installation à l'intérieur, l'humidité peut atteindre des valeurs élevées, mais aucune condensation ne devra se produire sur le matériel.

Note. – La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques changements de température en période de grande humidité risquent de se produire. Cette condensation peut être empêchée par une conception spéciale du bâtiment ou de l'enveloppe, par une ventilation et un chauffage appropriés du poste ou par l'utilisation de déshumidificateurs.

f) Les vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre ne sont pas prévues.

4.2 Conditions anormales de service

Par accord spécial entre constructeur et utilisateur, la présente publication peut s'appliquer à l'appareillage sous enveloppe métallique qui est utilisé dans des conditions plus sévères que les conditions normales de service indiquées au paragraphe 4.1. On peut citer des exemples importants:

- a) Il est recommandé de consulter le constructeur si un appareillage sous enveloppe métallique doit être placé dans un endroit où la température peut atteindre des valeurs extérieures aux limites indiquées au paragraphe 4.1 a).
- b) Il est recommandé de consulter le constructeur si l'épaisseur de la couche de glace dépasse 1 mm et si des pressions dues au vent dépassant 700 N/m² sont prévisibles.
- c) Il est recommandé d'obtenir un accord entre constructeur et utilisateur dans le cas où le matériel peut être soumis à des vibrations dues à des causes externes à l'appareillage ou à des tremblements de terre.

3.17 Auxiliary and control circuits (of a metal-enclosed switchgear assembly)

All the conducting parts of the metal-enclosed switchgear assembly intended to be connected to its control, measuring, protective and regulating equipment.

4. Service conditions

4.1 Normal service conditions

This publication applies to metal-enclosed switchgear which is designed to be used under the following conditions:

a) Unless otherwise specified, the limits of ambient air temperature are:

- (1) The ambient air temperature does not exceed 40 °C and its average value, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C.
- (2) The minimum ambient air temperature is:
For indoor installations: – 5 °C
For outdoor installation:
– temperate climate: – 25 °C
– arctic climate: – 50 °C

Notes 1. – Installations designed to operate between temperature limits of ambient air different from those mentioned above are within the scope of this publication.

2. – Appropriate steps should be taken to ensure proper operation of components, e.g. relays, which are not designed for these conditions.

b) At any altitude, the dielectric characteristics of internal insulation are identical with those measured at sea-level. For this insulation, this publication states no requirement concerning the altitude.

For external insulation and low-voltage auxiliary equipment, normal allowances for altitude shall be made.

- c) The ambient air is not materially polluted by dust, smoke, corrosive or flammable gases and vapours, or salts.
- d) For outdoor installation, the manufacturer should take into account the presence of condensation, rain, snow, a layer of ice up to a thickness of 1 mm, or hoar frost and rapid temperature changes, wind pressure of 700 N/m² and the effects of solar radiation.

Note. – This does not imply that outdoor switchgear will carry its rated normal current under all conditions of solar radiation without exceeding the temperature rise specified in Clause 14.

e) For indoor installation, the humidity may attain high values, but condensation on the equipment should not occur.

Note. – Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity. Such condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment.

f) Vibrations due to causes external to the switchgear or earth tremors are not expected.

4.2 Abnormal service conditions

This publication may, by special agreement between manufacturer and user, be applied to metal-enclosed switchgear to be used under conditions more severe than the normal service conditions given in Sub-clause 4.1. Important examples are:

- a) The manufacturer should be consulted if metal-enclosed switchgear is to be located where the temperature may fall outside the limits stated in Sub-clause 4.1 a).
- b) The manufacturer should be consulted if the thickness of the layer of ice is greater than 1 mm and if wind pressures exceeding 700 N/m² are foreseen.
- c) Agreement should be reached between manufacturer and user in cases where equipment may be subjected to vibrations due to causes external to the switchgear or earth tremors.

5. Conditions pendant le transport, le stockage et le montage

Il y a lieu de prévoir un accord entre constructeur et utilisateur, si les conditions de température et d'humidité définies au paragraphe 4.1, ne peuvent pas être respectées pendant le transport, le stockage, le montage et avant la mise en service.

SECTION DEUX – CARACTÉRISTIQUES NOMINALES

6. Caractéristiques

Les caractéristiques nominales de l'appareillage sous enveloppe métallique sont les suivantes:

- a) tension nominale et nombre de phases;
- b) niveau d'isolement nominal;
- c) fréquence nominale;
- d) courants nominaux en service continu;
- e) courants de courte durée et valeurs de crête des courants admissibles nominaux pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- f) degré de protection des circuits auxiliaires et de commande;
- g) caractéristiques nominales des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique.

7. Tension nominale

La tension nominale d'un appareillage sous enveloppe métallique correspond à la limite supérieure de la tension la plus élevée des réseaux pour lesquels l'appareillage est prévu (voir la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI).

La tension nominale d'un appareillage sous enveloppe métallique triphasé doit être choisie dans la liste des valeurs normales indiquées ci-après:

72,5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV – 300 kV – 362 kV – 420 kV – 525 kV – 765 kV

Notes 1. – La valeur de 550 kV est aussi utilisée.

2. – Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique peuvent avoir leurs propres valeurs de tension nominale.

8. Niveau d'isolement nominal

L'appareillage sous enveloppe métallique est formé d'éléments possédant un niveau d'isolement défini. Bien qu'on puisse, dans une grande mesure, éviter les défauts internes par le choix d'un niveau d'isolement convenable, il est recommandé d'envisager des moyens de limitation des surtensions externes (parafoudres, éclateurs de protection).

Le niveau d'isolement nominal doit être choisi selon le tableau I ou II, page 14.

Les valeurs de tension des tableaux I et II s'appliquent:

- pour l'isolation interne de l'appareillage sous enveloppe isolé par un gaz, à la densité minimale de fonctionnement du matériel;
- pour l'isolation interne de l'appareillage sous enveloppe isolé par un liquide, aux conditions atmosphériques normales, conformément à la Publication 60 de la CEI: Techniques des essais à haute tension.

Notes 1. – La partie externe de la traversée (si elle existe) doit répondre à la Publication 137 de la CEI: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V.

2. – Les formes d'onde considérées dans les tableaux I et II sont des formes de chocs de foudre et de chocs de manœuvre conventionnelles dans l'attente des résultats d'études sur la tenue de ces matériels à d'autres types de chocs.

9. Fréquence nominale

Il est recommandé de choisir la fréquence nominale parmi les valeurs suivantes:

$16^{2/3}$ Hz – 25 Hz – 50 Hz – 60 Hz

10. Courant nominal en service continu

Il est recommandé de choisir les valeurs du courant nominal en service continu d'un circuit, par exemple d'un circuit d'alimentation ou des barres omnibus, parmi les valeurs suivantes:

1 250 A – 2 000 A – 3 150 A – 4 000 A – 6 300 A

Note. – Les courants nominaux pour service temporaire ou intermittent feront l'objet d'un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur.

5. Conditions during transport, storage and erection

A special agreement shall be made between manufacturer and user, if the temperature and humidity conditions, defined in Sub-clause 4.1, cannot be observed during transport, storage, erection and before commissioning.

SECTION TWO – RATING

6. Rated values

The rated values of metal-enclosed switchgear are the following:

- a) rated voltage and number of phases;
- b) rated insulation level;
- c) rated frequency;
- d) rated normal currents;
- e) rated short-time withstand currents and peak withstand currents for main and earthing circuits;
- f) degree of protection of the auxiliary and control circuits;
- g) rated values of the components forming part of the metal-enclosed switchgear.

7. Rated voltage

The rated voltage of metal-enclosed switchgear corresponds to the upper limit of the highest voltage of systems for which the switchgear is intended (see IEC Publication 38, IEC Standard Voltages).

The rated voltage of three-pole metal-enclosed switchgear shall be selected from the list of standard values given below:

72.5 kV – 100 kV – 123 kV – 145 kV – 170 kV – 245 kV – 300 kV – 362 kV – 420 kV – 525 kV – 765 kV

Notes 1. – The value 550 kV is also used.

2. – Components forming part of metal-enclosed switchgear may have individual values of rated voltage.

8. Rated insulation level

Metal-enclosed switchgear comprises units which have a definite insulation level. Although internal faults can largely be avoided by the choice of a suitable insulation level, measures to limit external overvoltages (lightning arresters, protective sparkgaps) should be considered.

The value of the rated insulation level shall be selected from Table I or II, page 15.

The voltage values in Tables I and II shall apply:

- for internal insulation of gas-insulated switchgear, at the minimum operating density of the equipment;
- for internal insulation of liquid-insulated switchgear, at standard atmospheric conditions, according to IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques.

Notes 1. – The bushing (if any) shall in its external part comply with IEC Publication 137, Bushings for Alternating Voltages above 1 000 V.

2. – The waveforms considered in Tables I and II are accepted lightning impulse and switching impulse shapes, pending the results of studies on the ability of this equipment to withstand other types of impulses.

9. Rated frequency

It is recommended that the rated frequency be selected from the following values:

$16\frac{2}{3}$ Hz – 25 Hz – 50 Hz – 60 Hz

10. Rated normal current

It is recommended that the values of rated normal current of the circuits, e.g. a feeder circuit or a busbar, be selected from the following values:

1 250 A – 2 000 A – 3 150 A – 4 000 A – 6 300 A

Note. – Current ratings for temporary or for intermittent duty are left to special agreement between manufacturer and user.

TABLEAU I

Tension nominale (valeur efficace)	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (valeur de crête)	Tension nominale de tenue à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV (1)	kV (2)	kV (3)
72,5	325	140
100	450	185
123	550	230
145	650	275
170	750	325
245	950	395

TABLEAU II

Tension nominale (valeur efficace)	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (valeur de crête)	Tension nominale de tenue aux chocs de manœuvre (valeur de crête)	Tension nominale de tenue à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV (1)	kV (2)	kV (3)	kV (4)
300	1 050	850	380
362	1 175	950	450
420	1 300	1 050	520
525	1 425	1 175	620
765	1 800	1 425	830

Pour les essais de type: Tableau I, colonnes (2) et (3)

Tableau II, colonnes (2) et (3)

Pour les essais individuels: Tableau I, colonne (3)

Tableau II, colonne (4)

11. Courant de courte durée admissible nominal

Il est recommandé de choisir la valeur du courant de courte durée admissible nominal parmi les valeurs suivantes:

25 kA – 31,5 kA – 40 kA – 50 kA – 63 kA – 80 kA – 100 kA

La valeur normale de la courte durée doit être de 1 s.

Pour une durée supérieure à 1 s, la valeur de 3 s est recommandée et il est admis, sauf indication contraire du constructeur, que la relation entre le courant et le temps est donnée par la formule:

$$I^2 \cdot t = \text{constante}$$

12. Valeur de crête du courant admissible nominal

La valeur de crête du courant admissible nominal doit être égale à 2,5 fois le courant de courte durée admissible nominal.

Note. – En principe, la valeur du courant de courte durée admissible nominal et la valeur de crête du courant admissible nominal d'un circuit ne peuvent pas excéder les valeurs nominales correspondantes du matériel, en série dans le circuit, qui présente les plus faibles caractéristiques.

13. Coordination des caractéristiques nominales

Des tableaux donnant la coordination des tensions nominales, courants de courte durée admissibles nominaux et courants nominaux en service continu, sont à l'étude.

TABLE I

Rated voltage (r. m. s. value)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value)	Rated power frequency withstand voltage (r. m. s. value)
kV (1)	kV (2)	kV (3)
72.5	325	140
100	450	185
123	550	230
145	650	275
170	750	325
245	950	395

TABLE II

Rated voltage (r. m. s. value)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value)	Rated switching impulse withstand voltage (peak value)	Rated power frequency withstand voltage (r. m. s. value)
kV (1)	kV (2)	kV (3)	kV (4)
300	1 050	850	380
362	1 175	950	450
420	1 300	1 050	520
525	1 425	1 175	620
765	1 800	1 425	830

For type tests: Table I, columns (2) and (3)

Table II, columns (2) and (3)

For routine tests: Table I, column (3)

Table II, column (4)

11. Rated short-time withstand current

It is recommended that the value of the rated short-time withstand current be selected from the following values:

25 kA – 31.5 kA – 40 kA – 50 kA – 63 kA – 80 kA – 100 kA

The standard value for the short time shall be 1 s.

For durations greater than 1 s, the value 3 s is recommended and the relation between current and time, unless otherwise specified by the manufacturer, shall be assumed to be in accordance with the formula:

$$I^2 \cdot t = \text{constant}$$

12. Rated peak withstand current

The value of the rated peak withstand current shall be equal to 2.5 times the rated short-time withstand current.

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 series connected components.

13. Co-ordination of rated values

Tables for co-ordination of rated voltages, rated short-time withstand currents and rated normal currents, are under consideration.

14. Échauffement

L'échauffement des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique ne doit pas dépasser les limites prescrites dans les spécifications dont ils relèvent. L'échauffement se réfère à la température de l'air ambiant.

Pour les connexions principales, comprenant les barres omnibus, et pour les enveloppes, les valeurs d'échauffement au courant nominal en service continu et à la fréquence nominale ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes:

TABLEAU III

Limites d'échauffement des différents matériaux et organes

Désignation de l'organe	Nature du matériau * **	Limites d'échauffement (°C)		
		Nature du diélectrique		
		Air	SF ₆ ***	Huile
Raccords boulonnés	Cuivre nu ou alliage d'aluminium	50	60	60
	Cuivre recouvert d'argent ou alliage d'aluminium recouvert d'argent	65	65	60
Contacts élastiques	Cuivre nu	35	50	40
	Cuivre recouvert d'argent ou alliage d'aluminium recouvert d'argent	65	65	50
Jeux de barres	Cuivre ou alliage d'aluminium	Suivant la classe des matériaux isolants environnants (voir la Publication 85 de la CEI ¹⁾)		Suivant la classe des matériaux isolants environnants, mais au plus 60
Points de l'enveloppe accessibles à un agent d'exploitation pendant le cours normal de son travail		30		
Huile				50

* Quand d'autres matériaux que ceux mentionnés dans ce tableau sont utilisés, on doit tenir compte de la nature et de la qualité de ces matériaux.

** L'adoption de la valeur 65 °C pour l'échauffement des matériaux conducteurs et des parties de l'enveloppe qui ne sont pas accessibles au toucher implique que toute précaution nécessaire sera prise pour qu'aucun dommage ne soit causé aux matériaux isolants environnants.

*** En attendant le résultat d'études en cours, les limites d'échauffement pour l'hexafluorure de soufre sont provisoires.

Note. — Il est recommandé de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.

¹⁾ Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

14. Temperature rise

The temperature rise of any component contained in metal-enclosed switchgear shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant specification applying to that component when related to the ambient air temperature.

For main connections, including busbars, and for enclosures, the temperature rise at rated normal current and rated frequency shall not exceed the following values:

TABLE III
Temperature-rise limits for the various materials and parts

Designation of part	Type of material * **	Temperature-rise limits (°C)		
		Nature of the dielectric		
		Air	SF ₆ ***	Oil
Bolted connections	Bare copper or aluminium alloy	50	60	60
	Silver-covered copper or silver-covered aluminium alloy	65	65	60
Spring-loaded contacts	Bare copper	35	50	40
	Silver-covered copper or silver-covered aluminium alloy	65	65	50
Busbars	Copper or aluminium alloy	According to the class of the surrounding insulating materials (see IEC Publication 85 ¹⁾)		According to the class of the surrounding insulating materials, but not exceeding 60
Points of the enclosure accessible to an operator in the normal course of his duties		30		
Oil		50		

* When materials other than those mentioned in this table are used, account shall be taken of the nature and the quality of these materials.

** The application of the value 65 °C for the temperature rise of conducting materials and parts of the enclosure non-accessible to touch implies that every precaution will be taken in order that no damage is caused to the adjoining insulating materials.

*** Pending the result of studies in process, the temperature-rise limits for sulphur hexafluoride are provisional.

Note. – Special consideration should be given when low flash-point oil is used, in regard to vapourization and oxidation.

¹⁾ Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.

15. Degrés de protection

15.1 Degrés de protection des circuits principaux

Il n'existe pas de spécification pour le circuit principal.

15.2 Degrés de protection des circuits auxiliaires et de commande

- a) Le degré de protection des circuits auxiliaires et de commande contre les contacts avec les pièces sous tension ou les pièces en mouvement et contre la pénétration de corps solides étrangers est indiqué par le chiffre caractéristique IP . . . conformément à la Publication 144 de la CEI: Degrés de protection des enveloppes pour l'appareillage à basse tension.

Le tableau IV indique les valeurs préférentielles des degrés de protection.

TABLEAU IV

Chiffre caractéristique	Degré de protection
IP 2	Protection contre les contacts avec les pièces sous tension ou les pièces en mouvement avec les doigts
IP 3	Protection contre les contacts avec les pièces sous tension ou les pièces en mouvement avec des outils, des fils ou des objets analogues d'épaisseur supérieure à 2,5 mm
IP 5	Protection totale contre les contacts avec les pièces sous tension ou les pièces en mouvement

- b) Protection contre les intempéries pour l'installation à l'extérieur: voir le paragraphe 39.2.

- c) Protection contre les autres agents atmosphériques: pour les conditions normales de service à considérer, voir le paragraphe 4.1.

16. Tensions, fréquences et pressions nominales d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande

16.1 Tensions nominales d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture

La tension nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture ou d'ouverture est la tension qui détermine leurs conditions de fonctionnement et d'échauffement ainsi que l'isolation des circuits de commande.

Par tension d'alimentation de ces dispositifs il faut entendre la tension mesurée aux bornes du circuit sur l'appareil lui-même pendant son fonctionnement, y compris, s'il y a lieu, les résistances auxiliaires ou accessoires fournis ou demandés par le constructeur et devant être installés en série sur le circuit, mais non compris les conducteurs de liaison à la source d'alimentation en électricité.

La tension nominale d'alimentation de ces dispositifs doit avoir, de préférence, l'une des valeurs normales appropriées figurant dans les tableaux V, VI et VII.

TABLEAU V
Courant continu

V
24
48
110 ou 125
220 ou 250

15. Degrees of protection

15.1 Degrees of protection for the main circuits

No specification applies to the main circuit.

15.2 Degrees of protection for auxiliary and control circuits

- a) The degree of protection for auxiliary and control circuits against contact with live or moving parts and ingress of foreign solid bodies is indicated by the characteristic numeral IP . . . according to IEC Publication 144, Degrees of Protection of Enclosures for Low-voltage Switchgear and Controlgear. Preferable degrees of protection are given in Table IV:

TABLE IV

Characteristic numeral	Degree of protection
IP 2	Protection against contact with live or moving parts by fingers
IP 3	Protection against contact with live or moving parts by tools, wires or similar objects of thickness greater than 2.5 mm
IP 5	Complete protection against contact with live or moving parts

- b) Protection against the weather for outdoor installation: see Sub-clause 39.2.

- c) Protection against other atmospheric agents: relevant normal service conditions, see Sub-clause 4.1.

16. Rated supply voltages, frequencies and pressures of operating devices and of auxiliary and control circuits

16.1 Rated supply voltages of closing and opening devices

The rated supply voltage of closing and opening devices is the voltage which determines their conditions of operation and of heating, as well as the insulation of the control circuits.

The supply voltage of these devices shall be understood to mean the voltage measured at the circuit terminals on the apparatus itself during its operation, including, if necessary, the auxiliary resistors or accessories supplied or required by the manufacturer to be installed in series with the circuit, but not including the conductors for the connection to the electricity supply.

The rated supply voltage of these devices shall preferably have one of the appropriate standard values in Tables V, VI and VII.

TABLE V
Direct current

V
24
48
110 or 125
220 or 250

TABLEAU VI
Courant alternatif monophasé

V	
Série I	Série II
100 220 –	120 120/240 240

Note. – Lorsque deux valeurs sont indiquées, celles-ci se réfèrent aux réseaux à trois fils, la valeur inférieure désignant la tension entre phases et neutre, et la valeur supérieure, la tension entre phases.
Lorsqu'une seule valeur est indiquée, celle-ci se réfère aux réseaux à deux fils.

TABLEAU VII
Courant alternatif triphasé

V	
Série I	Série II
127/220 220/380 –	120/208 240/415 277/480

Note. – Les deux valeurs se réfèrent aux réseaux à quatre fils, la valeur inférieure désignant la tension entre phases et neutre, et la valeur supérieure, la tension entre phases.

16.2 Tensions nominales d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande

Les tensions nominales d'alimentation des circuits auxiliaires et de commande doivent, de préférence, être choisies parmi les valeurs normales des tableaux V, VI et VII.

16.3 Fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande

La fréquence nominale d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande est la fréquence pour laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement et d'échauffement de ces dispositifs et de ces circuits.

16.4 Pression nominale d'alimentation des gaz comprimés pour les manœuvres ou la coupure

La pression nominale d'alimentation en gaz comprimé d'un organe de commande pneumatique ou d'un disjoncteur à soufflage par gaz sous pression est la pression fixée par le constructeur qui détermine les conditions de fonctionnement de l'organe de commande ou du dispositif d'extinction de l'arc.

Pour les disjoncteurs munis de réservoirs individuels, il faut entendre par pression d'alimentation la pression mesurée dans le réservoir immédiatement avant le fonctionnement du disjoncteur.

Note. – Pour les autres disjoncteurs, la question est encore à l'étude.

Pour des conditions de fonctionnement données, il est également nécessaire de connaître les pressions de fonctionnement maximales et minimales.

Aucune valeur normale de pression nominale n'est indiquée.

TABLE VI
Single-phase alternating current

V	
Series I	Series II
100 220 –	120 120/240 240

Note. – Where two values are indicated, they refer to three-wire systems and the lower value is the voltage between phases and neutral, the higher value being the voltage between phases.
Where only one value is indicated, it refers to two-wire systems.

TABLE VII
Three-phase alternating current

V	
Series I	Series II
127/220 220/380 –	120/208 240/415 277/480

Note. – The two values indicated refer to four-wire systems and the lower value is the voltage between phases and neutral, the higher value being the voltage between phases.

16.2 *Rated supply voltages of auxiliary and control circuits*

Rated supply voltages of auxiliary and control circuits shall preferably be selected from the standard values in Tables V, VI and VII.

16.3 *Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits*

The rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits is the frequency at which the conditions of operation and heating of these devices and circuits are determined.

16.4 *Rated pressure of compressed gas supply for operation or interruption*

The rated pressure of a compressed gas supply for operating a pneumatic control device or a gas-blast circuit-breaker is the pressure assigned by the manufacturer at which the conditions for operation of the control device or of arc extinction are determined.

For circuit-breakers provided with individual reservoirs, the pressure of the gas supply shall be understood to mean the pressure measured in the reservoir immediately before the operation of the circuit-breaker.

Note. – For other circuit-breakers, the matter is still under consideration.

For specific operating requirements, it is also necessary to know the maximum and minimum operating pressures.

No standard values of rated pressure are given.

16.5 *Densité nominale du gaz pour l'isolement*

La densité nominale du gaz pour l'isolement est la densité fixée par le constructeur pour laquelle est prévue le fonctionnement du matériel en service.

16.6 *Densité minimale de fonctionnement du gaz pour l'isolement*

La densité minimale de fonctionnement du gaz pour l'isolement est la densité fixée par le constructeur en dessous de laquelle les valeurs nominales du niveau d'isolement ne sont plus applicables.

SECTION TROIS – CONCEPTION ET CONSTRUCTION

17. **Généralités**

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être construit de telle façon que l'installation, les opérations normales d'exploitation et d'entretien, la mise à la terre des câbles raccordés, la localisation des défauts dans les câbles, les essais diélectriques des câbles ou des autres appareils raccordés et la suppression des charges électrostatiques dangereuses puissent être effectuées sans risque, y compris la vérification de l'ordre de succession des phases après montage et après extension.

Tous les matériels de construction et de caractéristiques identiques susceptibles d'être remplacés doivent être interchangeables.

Les matériels contenus dans l'enveloppe sont soumis aux normes particulières les concernant, sauf lorsque ces dernières sont modifiées par la présente publication.

18. **Enveloppes et cloisons**

18.1 *Enveloppes*

L'enveloppe doit être en métal, reliée en permanence à la terre et capable de résister aux pressions normales et transitoires auxquelles elle est soumise en service.

Pour l'installation à l'extérieur, le constructeur doit tenir compte de l'influence des conditions climatiques (voir l'article 4).

Note. – Il est souhaitable que le degré de protection des personnes soit le plus élevé possible en cas de défauts donnant lieu à des arcs à l'intérieur d'un compartiment. Tout en reconnaissant que le but principal est d'éviter la formation d'un arc ou de limiter sa durée, il est aussi important de prévoir des moyens appropriés pour réduire au minimum le danger qui pourrait résulter, pour le personnel, de la suppression due à un arc.

18.2 *Division en compartiments*

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être divisé en compartiments en vue, à la fois, de répondre aux conditions normales de fonctionnement et d'obtenir une limitation des effets des arcs internes.

18.3 *Cloisons*

Les cloisons sont nécessaires pour diviser le matériel en compartiments de façon à éviter une altération importante des caractéristiques diélectriques d'un compartiment lorsqu'un compartiment voisin est soumis à une pression réduite par suite de fuites ou d'opérations d'entretien. Les cloisons sont généralement constituées par un matériau isolant mais ne sont pas destinées à assurer par elles-mêmes la sécurité électrique des personnes, sécurité pour laquelle d'autres moyens, tels que la mise à la terre du matériel, peuvent être nécessaires. Toutefois, les cloisons doivent assurer la sécurité mécanique correspondant à la pression normale du fluide qui existe encore dans le compartiment voisin.

Note. – Voir aussi le paragraphe 18.5.

Une cloison séparant un compartiment rempli d'un fluide isolant d'un compartiment voisin rempli de liquide, tel qu'une boîte à câbles ou un transformateur de tension, ne doit pas comporter de fuite affectant les propriétés diélectriques des deux milieux.

16.5 *Rated density of gas for insulation*

The rated density of gas for insulation is the density assigned by the manufacturer at which the equipment is intended to be operated in service.

16.6 *Minimum operating density of gas for insulation*

The minimum operating density of gas for insulation is the density assigned by the manufacturer below which the rated values of insulation level do not apply.

SECTION THREE – DESIGN AND CONSTRUCTION

17. **General**

Metal-enclosed switchgear shall be designed so that installation, normal service and maintenance operations, earthing of connected cables, locating of cable faults, voltage tests on connected cables or other gear and the elimination of dangerous electrostatic charges, can be carried out safely, including the checking of phase sequence after erection and extension.

All components of the same rating and construction which may need to be replaced shall be interchangeable.

The components contained within the enclosure are subject to the individual standards applying to them, except where modified by this publication.

18. **Enclosures and partitions**

18.1 *Enclosures*

The enclosure shall be of metal, permanently earthed and capable of withstanding the normal and transient pressures to which it is subjected in service.

For outdoor installation, the manufacturer shall take into account the influence of climatic conditions (see Clause 4).

Note. – It is desirable that the highest possible degree of protection to personnel should be provided in case of a fault leading to arcing inside a compartment. Although the prime object should be to avoid such arcs or to limit their duration, it is also important to ensure that overpressure created by arcing is relieved in such a way as to minimize the risk to personnel.

18.2 *Division into compartments*

The metal-enclosed switchgear shall be divided into compartments in order both to meet the normal operating conditions and to provide a limitation of the effects of internal arcs.

18.3 *Partitions*

Partitions are required to divide the equipment into compartments so that the dielectric characteristics in one compartment are not substantially altered when an adjacent compartment is at a reduced pressure due to leaks or maintenance operations. They are generally of insulating material but are not intended by themselves to provide electrical safety of personnel, for which other means such as earthing of the equipment may be necessary, but must provide mechanical safety against the normal fluid pressure still present in the adjacent compartment.

Note. – See also Sub-clause 18.5.

A partition separating a compartment filled with insulating fluid 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.

18.4 Conditions à remplir par les fluides

Le constructeur doit spécifier le type, la quantité nécessaire et la qualité du fluide à utiliser dans l'appareillage sous enveloppe métallique et fournir à l'utilisateur les instructions nécessaires pour le renouvellement du fluide et pour maintenir la qualité requise.

Note. – Pour l'hexafluorure de soufre neuf, voir la Publication 376 de la CEI: Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf; pour le contrôle de l'hexafluorure de soufre en service, voir la Publication 480 de la CEI: Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF_6) prélevé sur le matériel électrique.

18.5 Défaut interne

Des dispositions doivent être prises pour limiter les perturbations apportées, en cas de défaut interne, à l'exploitation de l'appareillage sous enveloppe métallique.

Note. – Cette question est à l'étude.

18.6 Limitation des effets de l'arc

La limitation des effets de l'arc doit être obtenue à l'aide d'un dispositif de protection convenable empêchant l'explosion de l'enveloppe.

Note. – On admet que le fonctionnement d'un diaphragme ou d'une soupape de sûreté ou que l'apparition, dans l'enveloppe, d'un trou dû à l'arc ne constituent pas une explosion.

Le dispositif approprié doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

18.7 Localisation du défaut interne

Il est recommandé au constructeur de l'appareillage sous enveloppe métallique de proposer des mesures appropriées pour la localisation des défauts, lorsque l'utilisateur le demande.

18.8 Orifices d'échappement

Les orifices d'échappement, s'ils existent, doivent être disposés de façon telle que le danger auquel serait exposé un opérateur effectuant son travail dans le poste, dans les conditions normales de service, soit réduit au minimum, en cas d'échappement de gaz ou de vapeurs sous pression.

18.9 Circuits auxiliaires et de commande

Les dispositifs de commande et auxiliaires doivent être séparés du circuit principal par des cloisons métalliques mises à la terre.

Le câblage des circuits auxiliaires et de commande, à l'exception de courtes connexions aux bornes de transformateurs de mesure, bobines de déclenchement, contacts auxiliaires, etc., doit être aussi séparé du circuit principal, soit par des cloisons métalliques (par exemple des tubes) mises à la terre, soit par des cloisons (par exemple des tubes) en matière isolante.

Les coupe-circuit à fusibles des circuits auxiliaires et de commande, les bornes et les autres dispositifs auxiliaires sur lesquels on peut intervenir lorsque l'appareillage est en service doivent être accessibles sans que des conducteurs à haute tension soient eux-mêmes accessibles.

19. Alimentation en énergie électrique et pneumatique des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires et de commande

Le matériel doit pouvoir fonctionner pour toute valeur de la tension d'alimentation ou de la pression d'alimentation pneumatique définie dans la norme appropriée de l'appareil.

En ce qui concerne les limites de la tension et de la pression d'alimentation, on se référera aux normes particulières de l'appareillage.

20. Sectionneurs

Pour des raisons de sécurité, les sectionneurs devront être conçus de telle sorte qu'aucun courant de fuite dangereux ne s'écoule entre les bornes d'un côté et l'une quelconque des bornes de l'autre côté du sectionneur.

18.4 *Conditions to be fulfilled by the fluids*

The manufacturer shall specify the type and the required quantity and quality of the fluid to be used in the metal-enclosed switchgear, and provide the user with the necessary instructions for renewing the fluid and maintaining its required quality.

Note. – For new sulphur hexafluoride, see IEC Publication 376, Specifications and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride; for the checking of sulphur hexafluoride in service, see IEC Publication 480, Guide for the Checking of Sulphur Hexfluoride (SF₆) taken from Electrical Equipment.

18.5 *Internal fault*

Arrangements shall be made to limit disturbances occurring in the operation of the metal-enclosed switchgear in case of an internal fault.

Note. – This question is under consideration.

18.6 *Limitation of the effects of the arc*

The effects of an arc are to be limited by a suitable protective system to prevent any explosion of the enclosure.

Note. – The operation of a diaphragm or of a pressure relief valve or the appearance of a hole burnt in the enclosure by the arc are not considered as an explosion.

An appropriate system shall be agreed between manufacturer and user.

18.7 *Internal fault location*

The manufacturer of metal-enclosed switchgear should propose appropriate measures for fault location, when required by the user.

18.8 *Vent outlets*

Vent outlets, if any, shall be arranged so as to minimize the danger to an operator when performing his duties in the station under normal operating conditions, if gases or vapours are escaping under pressure.

18.9 *Auxiliary and control circuits*

Control and auxiliary devices shall be segregated by earthed metallic partitions from the main circuit.

The wiring of auxiliary and control circuits, with the exception of short lengths of wire at terminals of instrument transformers, tripping coils, auxiliary contacts, etc., shall also be either segregated from the main circuit by earthed metallic partitions (e.g. tubes) or separated by partitions (e.g. tubes) made of insulating material.

Fuses of auxiliary and control circuits, terminals and other auxiliary apparatus requiring attention while the equipment is in service shall be accessible without exposing high-voltage conductors.

19. **Electrical and pneumatic supply of operating devices and of auxiliary and control circuits**

The equipment shall be capable of operating at any value of supply voltage or of pneumatic supply pressure defined in the appropriate apparatus standard.

For the limits of the supply voltage and pressure, reference should be made to the individual standards for the switchgear.

20. **Disconnectors (isolators)**

For reasons of safety, disconnectors should be so designed that no dangerous leakage currents can pass from the terminals of one side to any of the terminals of the other side of the disconnector.

Cette prescription de sécurité est remplie lorsque l'isolation utilisée est effectivement protégée de la pollution en service ou lorsque l'écoulement d'un courant de fuite est prévu pour se faire à la terre au moyen d'une connexion de terre sûre¹⁾.

La prescription de la Publication 129 de la CEI: Sectionneurs à courant alternatif et sectionneurs de terre, selon laquelle il doit être possible de reconnaître de façon sûre la position des sectionneurs est remplie si la position du sectionneur est indiquée par un dispositif indicateur sûr, lequel doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Il n'est pas nécessaire de réaliser la coordination des niveaux d'isolement par rapport à la terre et sur la distance de sectionnement par la construction ou par la conception de l'appareillage sous enveloppe métallique. Il est recommandé de tenir compte de ce problème à l'aide de parafoudres ou d'autres dispositifs. Pour ce type d'appareillage, aucune prescription supplémentaire n'est nécessaire à l'exception du niveau d'isolement de la distance de sectionnement qui doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 31.2.1.2.

Note. – Pour l'appareillage sous enveloppe métallique isolé par un gaz, il est recommandé de prévoir le fonctionnement d'un signal lorsque la densité devient inférieure à la densité minimale de fonctionnement.

Le sectionneur ne doit pas pouvoir s'ouvrir ou se fermer intempestivement sous l'effet des forces pouvant se produire en service, y compris de celles dues à un court-circuit.

21. Mise à la terre et sectionneurs de terre

21.1 Mise à la terre des circuits principaux

Pour assurer la sécurité lors de travaux d'entretien, toutes les parties des circuits principaux doivent pouvoir être mises à la terre. De plus, il doit être possible, après ouverture de l'enveloppe, de raccorder des prises de terre pour la durée des travaux.

Les sectionneurs de terre doivent être munis de dispositifs de verrouillage conformément au paragraphe 4.6.1, de la Publication 129 de la CEI.

La prescription de la Publication 129 de la CEI selon laquelle il doit être possible de reconnaître de façon sûre la position des sectionneurs de terre est remplie si la position du sectionneur de terre est indiquée par un dispositif indicateur sûr, lequel doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

La mise à terre peut être réalisée par:

- a) des sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture égal à la valeur de crête du courant admissible nominal, si on n'a pas la certitude de la mise hors tension préalable du circuit raccordé;
- b) des sectionneurs de terre sans pouvoir de fermeture ou avec un pouvoir de fermeture inférieur à la valeur de crête du courant admissible nominal, si on a la certitude de la mise hors tension préalable du circuit raccordé;
- c) des dispositifs amovibles de mise à la terre, seulement après accord entre constructeur et utilisateur.

21.2 Mise à la terre de l'enveloppe

Les enveloppes doivent pouvoir être connectées à la terre. Toutes les parties métalliques prévues pour être mises à la terre et ne faisant pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire doivent être connectées à la terre. Pour l'interconnexion des enveloppes, charpentes, etc., l'assemblage (par exemple par boulonnage ou soudage) est considéré comme suffisant pour assurer la continuité électrique.

La continuité des circuits de mise à la terre doit être assurée compte tenu des sollicitations thermiques et électriques causées par les courants susceptibles de les traverser.

22. Verrouillages

Des verrouillages entre les différents éléments de l'appareillage seront prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter le service. Les règles suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux:

- les appareils installés dans les circuits principaux, qui servent à assurer la distance de sectionnement durant des travaux d'entretien, doivent être à l'abri de toute refermeture;
- les sectionneurs de terre doivent être à l'abri de toute réouverture.

¹⁾ Les essais destinés à vérifier l'efficacité de la protection contre la pollution et le comportement des matériaux isolants à l'égard des courants de fuite feront l'objet d'études de la part de la CEI.

This safety requirement is met when the insulation involved is effectively protected against pollution in service or when any leakage current is led away to earth by a reliable earth connection¹⁾.

The requirement of IEC Publication 129, Alternating Current Isolators (Disconnectors) and Earthing Switches, that it shall be possible to know with certainty the operating position of disconnectors, is met when the position of the disconnector is indicated by a reliable indicating device to be agreed between manufacturer and user.

The co-ordination of the insulation levels to earth and of the isolating distance need not be obtained by the construction or design of metal-enclosed switchgear. Arresters or other means should take care of this problem. For this type of switchgear, there is no additional requirement necessary apart from the insulation level for the isolating distance, which shall be in accordance with Sub-clause 31.2.1.2.

Note. – For gas-insulated switchgear, it is recommended that a signal be provided when the density is lower than the minimum operating density.

It shall not be possible for the disconnector to open or to close inadvertently due to forces which may occur in service, including those due to a short-circuit.

21. Earthing and earthing switches

21.1 Earthing of the main circuits

To ensure safety during maintenance work, all parts of the main circuits shall be capable of being earthed. In addition, it shall be possible, after the opening of the enclosure, to connect earth electrodes for the duration of maintenance.

The earthing switches shall be provided with locking facilities according to Sub-clause 4.6.1 of IEC Publication 129.

The requirement of IEC Publication 129, that it shall be possible to know with certainty the operating position of earthing switches, is met when the position of the earthing switch is indicated by a reliable indicating device to be agreed between manufacturer and user.

Earthing may be made by:

- a) earthing switches with a making capacity equal to the rated peak withstand current, if there is no previous certainty that the circuit connected is not alive;
- b) earthing switches without a making capacity or with a making capacity lower than the rated peak withstand current, if there is previous certainty that the circuit connected is not alive;
- c) removable earthing devices, only by agreement between manufacturer and user.

21.2 Earthing of the enclosure

The enclosures shall be capable of being connected to earth. All metallic parts intended to be earthed, which do not belong to a main or an auxiliary circuit, shall be connected to earth. For the interconnection of enclosures, frames, etc., fastening (e.g. bolting or welding) is acceptable for providing electrical continuity.

The continuity of the earthing circuits shall be ensured taking into account the thermal and electrical stresses caused by the current they may have to carry.

22. Interlocks

Interlocks between different pieces of apparatus are provided for reasons of safety and for convenience of operation. The following provisions are mandatory for main circuits:

- apparatus installed in main circuits, which are used for ensuring isolating distances during maintenance work, must be secured against reclosure;
- earthing switches must be secured against reopening.

¹⁾ Tests to prove the effectiveness of the protection against pollution and the performance of insulating material in respect of leakage currents will be subjects of study by the IEC.

Il est recommandé que les sectionneurs de terre, ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible nominal du circuit, soient verrouillés avec les sectionneurs associés.

Il est recommandé que les interrupteurs, ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible nominal, ou un pouvoir de coupure inférieur au courant nominal en service continu, et que les sectionneurs soient verrouillés avec le disjoncteur associé en vue de ne permettre l'ouverture ou la fermeture de l'interrupteur ou du sectionneur que lorsque le disjoncteur associé est ouvert.

Si les sectionneurs sont équipés d'écrans métalliques, le verrouillage entre contacts et écrans métalliques doit interdire:

- l'interposition de l'écran métallique si les contacts ne sont pas complètement ouverts;
- la fermeture des contacts si l'écran métallique n'est pas complètement effacé.

Des verrouillages complémentaires ou différents peuvent être prévus par accord entre constructeur et utilisateur. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires sur le but et le mode de fonctionnement des verrouillages.

23. Prescriptions concernant la dilatation, la contraction et le défaut d'alignement

Le constructeur doit être informé des mouvements possibles des fondations.

La conception du matériel doit être telle que le déplacement des fondations ou les effets thermiques admissibles et acceptés par les parties ne réduisent pas les caractéristiques garanties du matériel.

24. Bruit

Il est recommandé que, lors d'une manœuvre, le niveau de bruit émis par l'appareil ne dépasse pas une certaine valeur spécifiée.

Il est recommandé de fixer cette valeur et les modalités de vérification par accord entre constructeur et utilisateur (voir la Publication 179A de la CEI: Premier complément à la Publication 179: Sonomètres de précision).

25. Étanchéité

En cas d'utilisation d'un gaz comprimé, il est recommandé de fixer la fuite admissible annuelle (ou journalière, selon le gaz utilisé) par accord entre constructeur et utilisateur.

Sur demande de l'utilisateur, en vue de permettre d'effectuer l'entretien d'un compartiment lorsque les compartiments voisins contiennent un gaz sous pression, il est également recommandé de fixer, par un accord analogue, la fuite de gaz admissible à travers les cloisons.

26. Essais des câbles

Les parties du matériel qui ne peuvent pas être isolées des câbles doivent pouvoir supporter la tension d'essai des câbles conformément à la Publication 141 de la CEI: Essais des câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires.

27. Informations, plaques signalétiques

27.1 Informations à indiquer par l'utilisateur

- type intérieur ou extérieur et conditions de service;
- degré de protection des circuits auxiliaires et de commande;
- caractéristiques nominales (voir l'article 6);
- schémas des circuits.

27.2 Informations à indiquer par le constructeur

- caractéristiques nominales et caractéristiques de construction;
- instructions de service et d'entretien;
- instructions de transport (poids et dimensions des colis);
- instructions de montage;
- instructions pour le branchement des connexions extérieures;
- caractéristiques nominales des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique;
- nature du fluide isolant;

It is recommended that earthing switches having a short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current of the circuit should be interlocked with the associated disconnectors.

It is recommended that switches having a short-circuit making capacity less than the rated peak withstand current, or a breaking capacity less than the rated normal current, and disconnectors, should be interlocked with the associated circuit-breaker to prevent opening or closing of the switch or disconnector unless the associated circuit-breaker is open.

If the disconnectors are fitted with metallic screens, the interlock between contacts and metallic screens shall prevent:

- the metallic screen from being interposed, if the contacts are not completely open;
- the contacts from being closed, if the metallic screen is not completely retracted.

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.

23. Provision for expansion, contraction and misalignment

The manufacturer shall be informed of possible movements of foundations.

The design of the equipment shall be such that the agreed permitted movement of foundations or thermal effects do not impair the guaranteed performance of the equipment.

24. Noise

During an operation, the level of the noise made by the apparatus should not exceed a specified value.

This value and the procedure of verification should be agreed between manufacturer and user (see IEC Publication 179A, First Supplement to Publication 179, Precision Sound Level Meters).

25. Tightness

If compressed gas is used, the permissible yearly (or daily, according to the gas utilized) escape should be agreed between manufacturer and user.

If requested by the user, in order to permit maintenance in a compartment when adjacent compartments contain gas under pressure, the permissible gas leakage across partitions should also be fixed by a similar agreement.

26. Tests on cables

Those parts of the equipment which cannot be isolated from cables shall be capable of withstanding the cable test voltage according to IEC Publication 141, Tests on Oil-filled and Gas-pressure Cables and their Accessories.

27. Information, nameplates

27.1 Information to be given by the user

- indoor or outdoor type and service conditions;
- degree of protection of auxiliary and control circuits;
- rated values (see Clause 6);
- circuit diagrams.

27.2 Information to be given by the manufacturer

- rated values and constructional data;
- operating and maintenance instructions;
- transport instructions (weight and dimensions of cases);
- erection instructions;
- instructions for the external connections;
- rated values of the equipment contained within the metal-enclosed switchgear;
- type of insulating fluid;

- s'il y a lieu, pression minimale et pression maximale de fonctionnement du gaz isolant à 20 °C, ou, sur demande de l'utilisateur, densité minimale et densité maximale de fonctionnement du gaz isolant;
- détails des mesures appropriées pour la localisation des défauts;
- toutes les informations concernant tous les sujets faisant l'objet d'un accord préalable entre constructeur et utilisateur doivent être fournies.

27.3 Plaques signalétiques

Les indications suivantes sont considérées comme obligatoires:

- a) nom du constructeur ou marque d'identification;
- b) numéro de série ou désignation de type permettant d'obtenir toute information nécessaire de la part du constructeur.

Il est recommandé de donner également, le cas échéant, les indications suivantes:

- tension nominale;
- courants nominaux en service pour les barres omnibus et les circuits;
- fréquence nominale;
- courant de courte durée admissible nominal;
- pression minimale et pression maximale de service du gaz isolant à 20 °C, s'il y a lieu.

SECTION QUATRE – ESSAIS

28. Généralités

La présente publication prévoit des essais de type, des essais individuels et des essais après montage sur place.

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique et relevant d'autres normes doivent y satisfaire et être essayés conformément à ces normes, en tenant compte des indications suivantes.

Note. – L'introduction éventuelle d'essais de type concernant les décharges partielles, la mesure de l'angle de pertes, les courants de fuite et la tenue sous tension est à l'étude. En attendant, la réalisation de ces essais fera l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

29. Essais sur éléments séparés

En règle générale, les essais sur les éléments du poste sont effectués suivant les normes correspondantes des appareils.

Note. – Il est recommandé de tenir compte de la capacité des éléments qui existe entre les bornes des parties soumises aux essais et les connexions extérieures seulement pour les essais de coupure.

30. Classification des essais

30.1 Essais et vérifications de type

Ces essais ont pour but de vérifier les caractéristiques de conception. En général, les essais de type doivent être effectués sur un ensemble unipolaire ou tripolaire complet d'une travée type d'appareillage. Lorsque cela n'est pas réalisable, les essais de type peuvent être effectués sur des prototypes représentatifs d'ensembles ou de sous-ensembles, après accord entre constructeur et utilisateur.

Il n'est pas raisonnablement possible de soumettre toutes les dispositions prévues de l'appareillage sous enveloppe métallique à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques nominales et des combinaisons possibles des éléments. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats d'essais obtenus avec des dispositions comparables.

Ces essais et vérifications comprennent:

- essais de tension aux chocs de foudre à sec
 - essais de tension aux chocs de manœuvre à sec
 - essais de tension à fréquence industrielle à sec
 - essai sous pluie de l'isolation externe (s'il existe une traversée pour l'extérieur)
- paragraphes 31.2.1 et 31.4
paragraphes 31.2.1 et 31.5
paragraphes 31.2.1 et 31.7
paragraphe 31.9

- minimum and maximum operating pressure of the insulating gas at 20 °C or, if requested by the user, the minimum and maximum operating density for the insulating gas, where applicable;
- details of appropriate measures for fault location;
- all information shall be given relative to all matters which are the subject of previous agreement between manufacturer and user.

27.3 Nameplates

The following data shall be mandatory:

- a) manufacturer's name or distinguishing mark;
- b) a serial number or type designation making it possible to obtain all relevant information from the manufacturer.

It is recommended that the following data should also be given, where applicable:

- rated voltage;
- rated normal currents for the busbars and for the circuits;
- rated frequency;
- rated short-time withstand current;
- minimum and maximum operating pressure of the insulating gas at 20 °C, where applicable.

SECTION FOUR – TESTS

28. General

The tests prescribed by this publication include type tests, routine tests and tests after erection.

Components forming part of metal-enclosed switchgear, which are covered by other standards, shall comply with and be tested according to those standards taking into account the conditions given in the following clauses.

Note. – The question as to whether or not type tests shall be introduced concerning partial discharges, loss-angle measuring, leakage currents and voltage endurance is under consideration. In the meantime, these tests shall be a matter of agreement between manufacturer and user.

29. Unit testing

As a general rule, tests on the metal-enclosed switchgear components are carried out in accordance with the specific standards of the apparatus.

Note. – Capacitance of the components existing between the terminals of the parts tested and the external connections should be taken into account only for breaking tests.

30. Classification of tests

30.1 Type tests and verifications

The purpose of type tests is to verify the design characteristics. In general, type testing shall be carried out on a complete single-phase or three-phase assembly of one typical switchgear bay. Where this is impracticable, the type tests can be made on representative prototype assemblies or sub-assemblies as agreed between manufacturer and user.

Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is impracticable to type-test all arrangements of metal-enclosed switchgear. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

These tests and verifications comprise:

- | | |
|---|-----------------------------|
| – lightning impulse voltage dry tests | Sub-clauses 31.2.1 and 31.4 |
| – switching impulse voltage dry tests | Sub-clauses 31.2.1 and 31.5 |
| – power frequency voltage dry tests | Sub-clauses 31.2.1 and 31.7 |
| – external insulating wet test (if an outdoor bushing exists) | Sub-clause 31.9 |

- | | |
|---|------------------|
| – essai de stabilité thermique | paragraphe 31.10 |
| – essais de décharges partielles (à l'étude) | paragraphe 31.11 |
| – essai de tension de perturbation radioélectrique (s'il existe une traversée comportant une isolation externe) | paragraphe 31.12 |
| – essais d'échauffement | article 32 |
| – essais de vérification de la résistance des circuits principaux | paragraphe 32.4 |
| – essais des circuits principaux au courant de courte durée | article 33 |
| – essais des circuits de terre au courant de courte durée | article 34 |
| – vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure | article 35 |
| – essai à l'arc interne (à l'étude) | article 36 |
| – essais de fonctionnement mécanique | article 37 |
| – essais de fonctionnement aux températures extrêmes | article 38 |
| – vérification du degré de protection des circuits auxiliaires et de commande | article 39 |

Note. – Certains de ces essais peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur de la partie essayée.

30.2 Essais et vérifications individuels

Ces essais ont pour but de déceler des défauts éventuels de matière ou de fabrication. Ils doivent être effectués sur toutes les unités de transport et, dans la mesure du possible, en usine.

Ces essais et vérifications comprennent:

- | | |
|--|----------------------------|
| – essais de tension à fréquence industrielle à sec | paragraphes 31.2.2 et 31.7 |
| – essais de tension des circuits auxiliaires et de commande | paragraphe 31.8 |
| – essais de décharges partielles (à l'étude) | paragraphe 31.11 |
| – essais de vérification de la résistance des circuits principaux | paragraphe 32.4 |
| – essais de fonctionnement mécanique | article 37 |
| – essais de détection des fuites de fluide (s'il y a lieu) | article 40 |
| – essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques | article 42 |
| – contrôle de la filerie | article 43 |

Note. – Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des éléments de construction et de caractéristiques identiques (voir l'article 17).

30.3 Essais et vérifications après montage sur place

Après montage, le matériel sera essayé pour s'assurer de son bon fonctionnement.

Ces essais et vérifications comprennent:

- | | |
|---|-------------------|
| – essais de tension des circuits principaux | paragraphe 31.2.3 |
| – essais de tension des circuits auxiliaires et de commande | paragraphe 31.8 |
| – essais de vérification de la résistance des circuits principaux | paragraphe 32.4 |
| – essais de fonctionnement des divers appareils | article 37 |
| – essais de détection des fuites de fluide | article 40 |
| – mesure de l'humidité | article 41 |

Note. – Après montage, il est recommandé d'effectuer un essai pour vérifier l'absence de courants de circulation dangereux dans l'enveloppe et dans les autres parties métalliques, telles que les tuyauteries et le châssis, si ces éléments n'ont pas été prévus pour de tels courants.

31. Essais de tension

31.1 Conditions générales des essais de tension

31.1.1 Pression et humidité de l'air ambiant

Pour l'appareillage sous enveloppe métallique dont l'isolation ne comporte pas d'air atmosphérique, la pression et l'humidité de l'air ambiant n'ont pas d'importance pour les essais diélectriques.

– thermal stability test	Sub-clause 31.10
– partial discharge tests (under consideration)	Sub-clause 31.11
– radio interference voltage test (if an external bushing exists)	Sub-clause 31.12
– temperature-rise tests	Clause 32
– tests to verify the resistance of the main circuits	Sub-clause 32.4
– short-time current tests on main circuits	Clause 33
– short-time current tests on earthing circuits	Clause 34
– verification of making and breaking capacities	Clause 35
– internal arc test (under consideration)	Clause 36
– mechanical operation tests	Clause 37
– operation tests at limit temperatures	Clause 38
– verification of the degree of protection of auxiliary and control circuits	Clause 39

Note. – Some of these tests may impair the suitability of the tested part for subsequent use in service.

30.2 Routine tests and verifications

The purpose of these tests is to detect possible material or manufacturing defects. These tests shall be made on all transportable assemblies and, whenever practicable, at the manufacturer's works.

These tests and verifications comprise:

– power frequency voltage dry tests	Sub-clauses 31.2.2 and 31.7
– voltage tests on auxiliary and control circuits	Sub-clause 31.8
– partial discharge tests (under consideration)	Sub-clause 31.11
– tests to verify the resistance of the main circuits	Sub-clause 32.4
– mechanical operation tests	Clause 37
– fluid leakage tests (where applicable)	Clause 40
– tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	Clause 42
– check of wiring	Clause 43

Note. – It may be necessary to verify the interchangeability of components of the same rating and construction (see Clause 17).

30.3 Tests and verifications after erection

After erection, the equipment shall be tested to check its correct operation.

These tests and verifications comprise:

– voltage tests for the main circuits	Sub-clause 31.2.3
– voltage tests for the auxiliary and control circuits	Sub-clause 31.8
– tests to verify the resistance of the main circuits	Sub-clause 32.4
– operation tests for the various components	Clause 37
– fluid leakage tests	Clause 40
– measurement of moisture	Clause 41

Note. – After erection, a test should be made to prove the absence of dangerous circulating currents in the enclosure and other metal parts such as pipes and framework, if these are not intended for such currents.

31. Voltage tests

31.1 General conditions for voltage tests

31.1.1 Pressure and humidity of the ambient air

For metal-enclosed switchgear without insulation in atmospheric air, pressure and humidity of the ambient air are of no account in dielectric tests.

31.1.2 *Densité et pression du gaz pendant les essais de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolement gazeux*

On doit effectuer les essais des composants unitaires de l'appareillage sous enveloppe métallique autres que les disjoncteurs à la densité minimale de fonctionnement. Pour les disjoncteurs, la Publication 56 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, s'applique.

On peut exprimer la densité minimale de fonctionnement sous la forme d'une pression à la température de référence de 20 °C. Si, à l'instant de l'essai, la température est différente de 20 °C, la pression doit être ramenée à la valeur correspondant à la densité minimale de fonctionnement.

On doit noter la température et la pression du gaz pendant les essais.

31.2 *Application et valeurs des tensions d'essai*

31.2.1 *Essais de type*

Etant donné la grande variété des constructions, il n'est pas possible de spécifier, de manière détaillée, les essais auxquels le circuit principal doit être soumis, mais ils doivent en principe couvrir ce qui suit:

31.2.1.1 *A la terre et entre pôles*

La tension d'essai spécifiée dans les colonnes 2 et 3 des tableaux I ou II doit être appliquée entre chaque partie conductrice du circuit principal et la masse, les autres parties conductrices du circuit principal étant reliées à la masse et à la terre.

S'il existe un regard, l'essai diélectrique est effectué en appliquant une feuille métallique reliée à la terre sur le côté accessible du regard.

Les essais doivent être faits, dans tous les cas, avec tous les appareils de connexion fermés, à l'exception des sectionneurs de terre. L'attention est attirée sur la possibilité d'un champ électrique moins favorable lorsque les appareils de connexion sont en position d'ouverture. Les essais doivent alors être répétés dans ces conditions moins favorables.

Lorsque chaque phase est individuellement enfermée dans une enveloppe métallique, on n'effectue que des essais à la terre et pas d'essai entre pôles, sauf si on utilise des extrémités à l'air libre.

31.2.1.2 *En position d'ouverture des appareils de connexion*

Les tensions d'essai spécifiées par les publications de la CEI, relatives aux essais diélectriques des disjoncteurs et des sectionneurs pour les niveaux d'isolement nominaux des tableaux I ou II, doivent être appliquées à chaque appareil de connexion du circuit principal en position d'ouverture.

Si, en position d'ouverture d'un sectionneur, un écran métallique mis à la terre est interposé entre les bornes en position d'ouverture, les distances qui séparent l'écran des bornes ne doivent pas être considérées comme des distances de sectionnement.

31.2.2 *Essais individuels*

De tels essais peuvent consister en des essais de tension à fréquence industrielle à sec suivant le paragraphe 31.7.

Les tensions d'essai doivent être celles spécifiées dans la colonne 3 du tableau I et la colonne 4 du tableau II.

31.2.3 *Essais de tension des circuits principaux après montage sur place*

Etant donné l'importance exceptionnelle qu'elle revêt dans ce genre d'appareillage, on s'attachera à vérifier autant que possible la tenue diélectrique de l'appareillage sous enveloppe métallique après montage, afin d'éliminer les causes fortuites (mauvais assemblage, détérioration pendant les manutentions et le montage, présence de corps étrangers, etc.) qui pourraient conduire ultérieurement à un défaut interne.

Cette vérification peut être effectuée avec un transformateur, avec un générateur de chocs ou avec d'autres moyens équivalents pour la détection des causes fortuites; chaque travée doit être essayée. Les conditions de l'essai, y compris la tension d'essai, feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Note. – Dans le cas où on effectuerait des essais de tension aux chocs, la tension d'essai sur chaque travée doit être suffisamment réduite pour qu'il ne se produise pas de décharge disruptive sur un matériel ne présentant pas de défaut de montage.

31.1.2 *Density and pressure of the gas during tests in metal-enclosed switchgear with gas filling*

For the components other than circuit-breakers, the tests of the single components of the metal-enclosed switchgear shall be made under minimum operating density. For circuit-breakers, IEC Publication 56, High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, applies.

The minimum operating density may be expressed as the pressure at the reference temperature of 20 °C. If at the time of the test the temperature differs from 20 °C, the pressure must be adjusted to correspond to the minimum operating density.

The temperature and pressure of gas during the tests shall be noted.

31.2 *Application and values of test voltages*

31.2.1 *Type tests*

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:

31.2.1.1 *To earth and between poles*

The test voltage specified in columns 2 and 3 of Tables I or II shall be applied between each conducting part of the main circuit and the frame, the other conducting parts of the main circuit being connected to the earthed frame.

If an inspection window exists, a dielectric test is made with an earthed metal foil covering the accessible side of the inspection window.

Under all circumstances, the tests shall be made with all switching devices (except earthing switches) closed. Attention shall be given to the possibility that switching devices in their open position may result in less favourable field conditions. Under such conditions, the test shall be repeated.

When each phase is individually encased in a metallic enclosure, only tests to earth, and no tests between poles, are carried out, unless open terminations are used.

31.2.1.2 *Across the open position of switching devices*

Each switching device in the main circuit shall be tested in the open position with the voltages specified in the IEC publications concerning dielectric tests for circuit-breakers and disconnectors, for the rated insulation levels of Tables I or II.

If, in the open position of a disconnector, segregation is established by an earthed metallic screen being interposed between the open terminals, this distance is not an isolating distance.

31.2.2 *Routine tests*

Such tests may consist of power frequency voltage dry tests, according to Sub-clause 31.7.

The test voltages shall be those specified in column 3 of Table I and column 4 of Table II.

31.2.3 *Voltage tests for the main circuits after erection at site*

Since it is exceptionally important for this kind of switchgear, the dielectric strength of the metal-enclosed switchgear erected shall be checked whenever possible in order to eliminate fortuitous causes (wrong fastening, damage during handling and erection, presence of foreign bodies, etc.) which might in the future give rise to an internal fault.

This verification can be made by a transformer, an impulse generator or by other equivalent means for the detection of the fortuitous causes; each section shall be tested. The test procedures including test voltage shall be subject to an agreement between manufacturer and user.

Note. – In case of impulse voltage tests, the test voltage on each section shall be sufficiently reduced so that no disruptive discharge occurs on equipment which has been correctly erected.

31.3 Modalités d'essais communes aux essais de tension du circuit principal

Quand des transformateurs de tension ou de puissance constituant une partie intégrante de l'appareillage sous enveloppe métallique ont été préalablement essayés ou possèdent un niveau d'isolement réduit, ils peuvent, pendant les essais diélectriques de l'appareillage, être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions à haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions doivent être déconnectés ou enlevés pendant les essais précédents.

Lorsqu'on adopte ces modalités d'essais, on doit essayer séparément les transformateurs de tension ou de puissance conformément à leurs normes respectives.

31.4 Essais de tension aux chocs de foudre à sec

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être soumis à des essais de tension aux chocs de foudre à sec avec des ondes de choc 1,2/50 conformément à la Publication 60 de la CIE.

31.5 Essais de tension aux chocs de manœuvre à sec

L'appareillage sous enveloppe métallique de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV doit être soumis à des essais de tension aux chocs de manœuvre à sec, avec des ondes de choc 250/2 500 conformément à la Publication 60 de la CIE.

31.6 Modalités d'essais communes aux chocs de foudre et aux chocs de manœuvre

Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être mis à la terre et peuvent être court-circuités.

Pendant les essais, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée à l'enveloppe de l'appareillage sauf que, pour certains des essais, selon le paragraphe 31.2.1.2, l'enveloppe de l'appareillage doit, en cas de nécessité, être isolée de la terre de telle façon que la tension entre une des parties sous tension et l'enveloppe n'excède pas la tension spécifiée au paragraphe 31.2.1.1.

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être essayé avec des tensions de polarités positive et négative.

Pour chaque condition d'essai, on doit appliquer 15 chocs successifs à la tension de tenue nominale. On doit considérer que l'appareillage sous enveloppe métallique a satisfait aux essais si le nombre des décharges disruptives sur l'isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux.

31.7 Essais de tension à fréquence industrielle à sec

L'appareillage sous enveloppe métallique doit être soumis à des essais de tension à fréquence industrielle à sec pendant 1 min comme spécifié ci-dessous.

La tension d'essai doit avoir une forme approximativement sinusoïdale, une valeur de crête égale à $\sqrt{2}$ fois la valeur spécifiée à l'article 8 et une fréquence comprise entre 16 2/3 Hz et 75 Hz. Elle doit être mesurée conformément aux indications données dans la Publication 60 de la CIE.

Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la terre et à l'enveloppe de l'appareillage excepté pour l'essai selon le paragraphe 31.2.1.2 où il est recommandé de relier le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension à la terre et à l'enveloppe pour empêcher que la tension entre une des parties sous tension et l'enveloppe n'excède la tension spécifiée au paragraphe 31.2.1.1.

La tension d'essai doit être élevée rapidement jusqu'à environ 75% de la tension d'essai spécifiée et être alors augmentée à une vitesse d'accroissement d'environ 2% de la pleine valeur par seconde (voir la Publication 60 de la CIE). La tension d'essai spécifiée doit être maintenue pendant 1 min. Si une décharge disruptive se produit, l'appareillage sous enveloppe métallique doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

31.8 Essais de tension des circuits auxiliaires et de commande

Tous les circuits auxiliaires et de commande doivent être soumis à des essais de tension à fréquence industrielle entre toutes les parties sous tension des circuits auxiliaires et de commande et l'enveloppe. Pour simplifier les essais, les parties sous tension des circuits auxiliaires et de commande peuvent être connectées entre elles.

La durée de l'essai doit être de 1 min pour les essais de type et de 1 s pour les essais individuels.

Pour les circuits auxiliaires et de commande, la valeur efficace de la tension d'essai doit être égale à 2 000 V.

Si une décharge disruptive se produit, l'appareillage sous enveloppe métallique doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

31.3 *Test procedure common to the voltage tests of the main circuit*

When voltage or power transformers comprising an integral part of the metal-enclosed switchgear have been previously tested or have a reduced insulation level, they may, during dielectric tests on the switchgear, be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protective devices shall be disconnected or removed during the above test.

When this procedure is adopted, the voltage or power transformers shall be separately tested in accordance with the relevant standard.

31.4 *Lightning impulse voltage dry tests*

Metal-enclosed switchgear shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests with 1.2/50 impulses in accordance with IEC Publication 60.

31.5 *Switching impulse voltage dry tests*

Metal-enclosed switchgear, the rated voltage of which is equal to or higher than 300 kV, shall be subjected to switching impulse voltage dry tests with 250/2 500 impulses in accordance with IEC Publication 60.

31.6 *Test procedure common to switching impulses and to lightning impulses*

Current transformers may have their secondaries short-circuited and these shall be earthed.

During the tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the frame of the metal-enclosed switchgear except that during some of the tests according to Sub-clause 31.2.1.2, the frame of the metal-enclosed switchgear shall, if necessary, be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and the frame does not exceed the voltage specified in Sub-clause 31.2.1.1.

Metal-enclosed switchgear shall be tested with voltages of both positive and negative polarity.

For each test condition, 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage shall be applied. The metal-enclosed switchgear shall be considered to have passed the tests successfully if the number of the disruptive discharges on self-restoring insulation does not exceed two.

31.7 *Power frequency voltage dry tests*

Metal-enclosed switchgear shall be subjected to 1 min power frequency voltage dry tests as specified below.

The test voltage shall have approximately a sine-waveform, a peak value equal to $\sqrt{2}$ times the value specified in Clause 8, a frequency between 16 2/3 Hz and 75 Hz and shall be measured in accordance with IEC Publication 60.

During the tests, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the frame of the metal-enclosed switchgear, except that during the tests according to Sub-clause 31.2.1.2, the mid-point or another intermediate point of the voltage source should be connected to earth and to the frame in order that the voltage appearing between any of the live parts and the frame does not exceed the voltage specified in Sub-clause 31.2.1.1.

The test voltage shall be raised rapidly to about 75 % of the specified value and then increased in such a way that the rate-of-rise is about 2 % per second of the full value (see IEC Publication 60). The specified test voltage shall be maintained for 1 min. If a disruptive discharge occurs, the metal-enclosed switchgear shall be considered to have failed the test.

31.8 *Voltage tests for the auxiliary and control circuits*

All auxiliary and control circuits shall be subjected to power frequency voltage tests between all live parts of the auxiliary and control circuits and the enclosure. The live parts of the auxiliary and control circuits may be interconnected to simplify the test.

The duration of the test shall be 1 min for type tests and 1 s for routine tests.

For auxiliary and control circuits, the r.m.s. value of the test voltage shall be equal to 2 000 V.

If a disruptive discharge occurs, the metal-enclosed switchgear shall be considered to have failed the test.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doit être la même que celle de ces circuits. Si ces équipements ont déjà été essayés conformément à leurs spécifications propres, ils peuvent être déconnectés pour cet essai. Les enroulements secondaires des transformateurs de courant doivent être mis en court-circuit et ne pas être reliés à la terre. Les enroulements secondaires de transformateurs de tension doivent être déconnectés.

31.9 *Essai sous pluie de l'isolation externe*

Si le matériel comprend une traversée d'extérieur qui n'a pas été essayée antérieurement sous pluie, cette traversée doit être soumise à un essai sous pluie. On appliquera les conditions d'essais de la Publication 60 de la CEI.

Pour les tensions nominales inférieures à 300 kV, l'essai doit être un essai de tension à fréquence industrielle.

Pour les tensions nominales égales ou supérieures à 300 kV, l'essai doit être un essai de tension aux chocs de manœuvre.

Les tensions d'essai et les modalités de l'essai doivent être celles spécifiées par la Publication 137 de la CEI.

31.10 *Essai de stabilité thermique*

Cet essai ne s'applique qu'aux éléments (tels que les traversées) de l'appareillage sous enveloppe métallique de tension nominale égale ou supérieure à 145 kV, dont l'isolation principale est assurée par une matière organique et destinés à des appareils remplis d'un milieu de refroidissement liquide dont la température de service est comprise entre 60 °C et 100 °C.

Cet essai n'a pas besoin d'être effectué là où le champ électrique en milieu gazeux ou liquide intervient pour la majeure partie dans la différence de potentiel existant entre deux parties conductrices.

Les modalités de l'essai doivent être celles spécifiées pour les traversées par la Publication 137 de la CEI.

31.11 *Essais de décharges partielles*

A l'étude.

31.12 *Essai de tension de perturbation radioélectrique*

Cet essai n'est effectué que si le matériel comporte une traversée à isolation externe et après accord spécial entre constructeur et utilisateur.

Les modalités de l'essai et la tension d'essai doivent être celles de la Publication 137 de la CEI.

Les valeurs du niveau de tension de perturbation radioélectrique doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

32. **Essais d'échauffement**

32.1 *Disposition d'essai*

Les essais d'échauffement doivent être faits sur un ensemble ou sous-ensemble neuf et complet muni de contacts propres. Dans les cas où il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, les essais doivent être faits avec le montage donnant lieu aux conditions les plus sévères.

L'ensemble ou le sous-ensemble doit être monté approximativement comme dans les conditions de service habituelles, avec toutes les enveloppes normalement prévues pour les différentes parties et doit être protégé contre des échauffements ou des refroidissements intempestifs venant de l'extérieur.

Les connexions provisoires doivent être réalisées de telle sorte qu'aucune quantité de chaleur appréciable ne soit enlevée de l'appareillage ni ne lui soit fournie pendant les essais. En cas de doute, l'échauffement doit être mesuré aux bornes des circuits principaux et sur les connexions provisoires à une distance de 1 m des bornes. La différence de température ne doit pas excéder 5 °C.

Sauf dans le cas où chaque phase est individuellement enfermée dans une enveloppe métallique, les essais doivent être faits avec le nombre de phases nominal et le courant nominal en service continu circulant d'une extrémité des barres omnibus aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Lorsqu'un essai monophasé est autorisé et effectué, le courant dans l'enveloppe doit être le même que lors d'un fonctionnement sur un circuit triphasé.

La fréquence du courant doit être égale à la fréquence nominale avec une tolérance de +2% et -5%.

Normally, the test voltage for motors and other equipment used in auxiliary and control circuits should be the same as that of these circuits. If this equipment has already been tested in accordance with the appropriate specification, it may be disconnected for this test. Current transformer secondaries shall be short-circuited and disconnected from earth. Voltage transformer secondaries shall be disconnected.

31.9 *External insulation wet test*

If an outdoor bushing exists and has not been previously tested under rain, it shall be subjected to a wet test. The procedure of IEC Publication 60 shall apply.

For rated voltages less than 300 kV, the test shall be a power frequency voltage test.

For rated voltages of 300 kV and above, the test shall be a switching impulse voltage test.

The test voltages and the test procedure shall be those specified in IEC Publication 137.

31.10 *Thermal stability test*

This test is only applicable to parts (such as bushings) of metal-enclosed switchgear, the major insulation of which consists of organic material, having a rated voltage of 145 kV and above and intended for apparatus filled with a liquid cooling medium of which the operating temperature is between 60 °C and 100 °C.

This test need not be carried out where the electric field in gas or liquid accounts for the major part of the difference in potential between conducting parts.

The test procedure shall be that specified for bushings in IEC Publication 137.

31.11 *Partial discharge tests*

Under consideration.

31.12 *Radio interference voltage test*

This test is made only if an external bushing exists and shall be performed by special agreement between manufacturer and user.

The test procedure and the test voltage shall be those of IEC Publication 137.

The values of the radio interference voltage level shall be subject of an agreement between manufacturer and user.

32. **Temperature-rise tests**

32.1 *Test arrangement*

The temperature-rise tests shall be made on a new and complete assembly or sub-assembly with clean contact parts. Where the design provides alternative components or arrangements, the tests shall be made with those components or arrangements for which the most severe conditions are obtained.

The assembly or sub-assembly shall be mounted approximately as under the usual service conditions, including all normal enclosures of any part, and shall be protected against undue external heating or cooling.

Temporary connections shall be such that no appreciable amount of heat is conducted away from, or conveyed to, the object under test. In case of doubt, the temperature rise at the terminals of the main circuits and at the temporary connections at a distance of 1 m from the terminals shall be measured. The difference of temperature shall not exceed 5 °C.

Except in the case when each phase is encased individually in a metallic enclosure, the tests shall be made with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the busbars to the terminals provided for the connection of cables.

When a single-phase test is permitted and carried out, the current in the enclosure shall be the same as in three-phase operation.

The frequency of the current shall be the rated frequency with a tolerance of +2% and –5%.

Chaque essai doit être effectué pendant une période de temps suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante (en pratique, cette condition est réalisée lorsque la variation n'excède pas 1 °C par heure). Le temps nécessaire pour l'essai complet peut être réduit par préchauffage du circuit avec un courant d'une valeur plus élevée.

Pour l'essai de sous-ensembles individuels, les sous-ensembles voisins seront parcourus par des courants produisant les pertes prévues pour le service nominal. Il est permis 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 normales de service, à condition d'être parvenu à un accord entre constructeur et utilisateur.

L'échauffement des différents matériels s'entend par rapport à la température de l'air ambiant. Il ne doit pas excéder les valeurs spécifiées dans les normes dont ils relèvent, sinon l'ensemble ou le sous-ensemble doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

32.2 *Mesure de la température*

La température des différentes parties doit être mesurée avec des thermomètres ou des thermocouples de type convenable qui sont placés le plus près possible des points les plus chauds. La température des matériels doit être mesurée selon leurs normes individuelles.

Pour la mesure avec des thermomètres ou des thermocouples, les précautions suivantes doivent être prises:

- a) les thermocouples ou les réservoirs des thermomètres doivent être protégés convenablement contre le refroidissement extérieur. La surface protégée doit cependant être négligeable par rapport à la surface de refroidissement de l'appareil en essai;
- b) un bon contact thermique entre le thermomètre, ou le thermocouple, et la surface de la partie en essai doit être assuré.

32.3 *Température de l'air ambiant*

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air à l'extérieur de l'enveloppe externe. Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins trois thermomètres, ou thermocouples, répartis également autour de l'appareillage sous enveloppe métallique à environ la hauteur moyenne des éléments du circuit principal traversés par le courant et à une distance d'environ 1 m de l'appareillage sous enveloppe métallique. Les thermomètres doivent être protégés contre les courants d'air et les radiations calorifiques. En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres peuvent être placés dans de petits réservoirs remplis d'huile ayant une capacité en huile d'environ un demi-litre.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas être supérieure à 1 °C par heure. Si cela n'est pas possible du fait des conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'une partie d'appareillage sous enveloppe métallique placée dans les mêmes conditions d'ambiance, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Cette partie d'appareillage sous enveloppe métallique supplémentaire ne doit pas être soumise à des radiations calorifiques intenses.

32.4 *Essai de vérification de la résistance des circuits principaux*

L'essai est effectué comme essai de type conformément aux normes propres aux différents matériels (par exemple disjoncteurs, sectionneurs, etc.).

De plus, des mesures globales sont effectuées en usine sur les unités d'expédition et après montage sur place sur le matériel complet.

La résistance globale mesurée sur le matériel en position de fermeture ne doit pas être supérieure à 1,2 R_u , où R_u est la somme des résistances correspondantes mesurées pendant les essais de type.

33. *Essais des circuits principaux au courant de courte durée*

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée admissible nominal et à la valeur de crête du courant admissible nominal, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues. En conséquence, ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique avec toutes les parties qui peuvent influencer leur tenue ou modifier le courant de court-circuit et en tenant compte des normes dont relèvent les appareils de connexion principaux inclus dans les circuits considérés.

Each test shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value (for practical purposes, this condition is obtained when the variation does not exceed 1 °C per hour). The time for the whole test may be shortened by pre-heating the circuit with a higher value of current.

When testing individual sub-assemblies, the neighbouring sub-assemblies should carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated operating conditions. It is permissible to simulate equivalent conditions by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be made in normal operating conditions, provided agreement is reached between manufacturer and user.

The temperature rises of the different components shall be referred to the ambient air temperature. They shall not exceed the values specified in the relevant standards. Otherwise, the assembly or sub-assembly shall be considered to have failed the test.

32.2 *Measurement of temperature*

The temperature of the different parts shall be measured with thermometers or thermocouples of any suitable type, placed as near as practicable to the hottest spots. The temperature of components shall be measured according to the standards applying to them.

For measurements with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken:

- a) thermocouples or the bulbs of the thermometers shall be suitably protected against cooling from outside. The protected area shall, however, be negligible compared with the cooling area of the apparatus under test;
- b) good thermal contact between the thermometer, or thermocouple, and the surface of the part under test shall be ensured.

32.3 *Ambient air temperature*

The ambient air temperature is the average temperature of the air outside the external enclosure. It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, or thermocouples, equally distributed around the metal-enclosed switchgear at about the average height of the current-carrying parts of the main circuit and at a distance of about 1 m from the metal-enclosed switchgear. The thermometers shall be protected against air currents and heat radiation. In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers may be put into small oil-filled cans with oil content of about half a litre.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 °C per hour. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions in the test room, the temperature of an identical piece of metal-enclosed switchgear under the same ambient conditions, but without current, may be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional piece of metal-enclosed switchgear shall not be subjected to undue heat radiation.

32.4 *Test to verify the resistance of the main circuits*

The test is carried out as a type test according to the relevant component standards (e.g. circuit-breakers, disconnectors, etc.).

In addition, overall measurements are made on shipping units in the factory and on the complete equipment after erection at site.

The overall resistance measured with the equipment in the closed position shall not exceed 1.2 R_u , where R_u is the sum of the corresponding resistances measured during the type tests.

33. **Short-time current tests on main circuits**

Main circuits of metal-enclosed switchgear shall be tested to verify their capability to withstand the rated short-time withstand current and the rated peak withstand current under the intended conditions of installation and use, i.e. they shall be tested as installed in the metal-enclosed switchgear with all associated parts influencing their performance or modifying the short-circuit current, and according to the standards for the principal switching devices included in the circuits.

Pendant ces essais, il y a lieu de veiller à ce qu'aucun dispositif de protection à maximum de courant ne fonctionne.

A la suite des essais, le matériel ne doit avoir subi ni déformation ni détérioration des éléments ou des conducteurs pouvant nuire au bon fonctionnement.

34. Essais des circuits de terre au courant de courte durée

Les circuits de terre de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée admissible nominal, dans les conditions d'installation et d'emploi prévues. En conséquence, ils doivent être essayés selon leur disposition dans l'appareillage sous enveloppe métallique avec toutes les parties qui peuvent influencer leur tenue ou modifier le courant de court-circuit.

A la suite des essais, le matériel ne doit avoir subi ni déformation ni détérioration des éléments ou des conducteurs situés à l'intérieur de l'enveloppe pouvant nuire au bon fonctionnement du circuit principal. On peut admettre une certaine déformation des conducteurs externes du circuit de terre, mais on ne doit pas constater de discontinuité du circuit de terre.

35. Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure

En vue de vérifier leurs pouvoirs nominaux de fermeture et de coupure, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent être essayés conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions d'installation prévues pour leur service. En conséquence, ils doivent être montés dans l'appareillage à enveloppe métallique avec toutes les pièces qui peuvent influencer leur fonctionnement, telles que leurs connexions, leurs supports, leurs dispositifs d'échappement, etc.

Note. – Lors de l'examen des parties susceptibles d'influencer le fonctionnement, l'attention devra être particulièrement portée sur les forces mécaniques dues au court-circuit, sur l'échappement des gaz ou particules produits par la coupure, sur la possibilité d'une décharge disruptive, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs est négligeable dans certains cas.

Pour les essais par éléments séparés, voir la Publication 56-4 de la CEI, Quatrième partie: Essais de type et essais individuels.

En ce qui concerne les disjoncteurs utilisant des gaz comprimés, les pressions à adopter pour les essais seront celles spécifiées par la Publication 56-4 de la CEI.

36. Essai à l'arc interne

A l'étude.

Si un essai concernant la résistance aux arcs internes est demandé, il doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

37. Essais de fonctionnement mécanique

Les appareils de connexion de l'appareillage sous enveloppe métallique doivent subir un essai de type d'endurance mécanique et un essai individuel conformément à leurs normes particulières, s'ils n'ont pas déjà subi séparément ces essais.

En outre, tous les éléments comportant des verrouillages doivent subir 50 cycles de manœuvres de façon à vérifier le fonctionnement des verrouillages mécaniques associés à leur mouvement.

Pour les essais individuels, les éléments comportant des verrouillages doivent subir cinq cycles de manœuvre.

Pendant tous ces essais, on ne doit se livrer à aucune intervention sur les appareils ou les verrouillages.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les appareils et les verrouillages restent en parfait état de fonctionnement et si l'énergie nécessaire à la manœuvre reste pratiquement la même avant et après les essais.

Après montage sur place, on doit vérifier que tout le matériel (organes de chauffage, thermostats, dispositifs de déclenchement, dispositifs de protection, verrouillages, etc.) fonctionne de façon satisfaisante.

38. Essais de fonctionnement aux températures extrêmes

Ces essais sont soumis à un accord entre constructeur et utilisateur. Pour le processus d'essai, voir l'annexe A.

During these tests, it is necessary to ensure that no overcurrent protective device operates.

After the tests, no deformation or damage to the components or conductors which may impair good operation shall have been sustained.

34. Short-time current tests on earthing circuits

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

After the tests, no deformation or damage to the components or conductors within the enclosure which may impair good operation of the main circuit shall have been sustained. Some deformation to the external conductors of the earthing circuit is permissible but the continuity of the circuit shall be preserved.

35. Verification of making and breaking capacities

Switching devices forming part of the main circuit of metal-enclosed switchgear shall be tested to verify their rated making and breaking capacities according to the relevant standard and under the proper conditions of installation and use; i.e. they shall be installed in the metal-enclosed switchgear with all the associated parts which may influence the performance, such as the arrangements of connections, supports, provisions for venting, etc.

Note. – In determining which associated parts are likely to influence the performance, special attention should be given to mechanical forces during short-circuit, to the venting of arc products, to the possibility of dielectric breakdown, etc. It is recognized that in some cases such influences may be quite negligible.

For unit tests, see IEC Publication 56-4, Part 4: Type Tests and Routine Tests.

For circuit-breakers using compressed gas, the pressures to be adopted for tests shall be those specified by IEC Publication 56-4.

36. Internal arc test

Under consideration.

If a test with respect to the resistance to internal arcs is required, it shall be subject to agreement between manufacturer and user.

37. Mechanical operation tests

Switching devices of the metal-enclosed switchgear shall be submitted to a mechanical endurance type test and a routine test in accordance with their relevant standards, unless previously tested separately.

In addition, all elements comprising interlocks shall be submitted to 50 operating cycles in order to verify the efficiency of the mechanical interlocks associated with such movements.

For routine tests, the elements comprising interlocks shall be submitted to five operating cycles.

During all these tests, no adjustment shall be made to the switching devices or interlocks.

The tests are considered satisfactory, if the switching devices and the interlocks are in perfect operating conditions and if the effort required to operate them is practically the same before and after the tests.

After erection on site, all equipment shall be operated to prove that the operating equipment (heaters, thermostats, tripping devices, protective gear, interlocks, etc.) is satisfactory.

38. Operation tests at limit temperatures

These tests are subject to an agreement between manufacturer and user. For procedure, see Appendix A.