

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 466

Première édition — First edition

1974

Appareillage à haute tension sous enveloppe isolante

High-voltage insulation-enclosed switchgear and controlgear



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**
Publié trimestriellement
- **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**
Published quarterly
- **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)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 466

Première édition — First edition

1974

Appareillage à haute tension sous enveloppe isolante

High-voltage insulation-enclosed switchgear and controlgear



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 normales de service	12
5. Conditions pendant le transport, le stockage et le montage	14
SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES	
6. Caractéristiques nominales	14
7. Tension nominale	14
8. Niveau d'isolement nominal	14
9. Fréquence nominale	16
10. Courant nominal en service continu	16
11. Courant de courte durée admissible nominal	16
12. Valeur de crête du courant admissible nominal	18
13. Coordination des caractéristiques nominales	18
14. Echauffement	18
15. Degrés de protection	18
SECTION TROIS — CONCEPTION ET CONSTRUCTION	
16. Généralités	20
17. Enveloppes isolantes	20
18. Sectionneurs et sectionneurs de terre	24
19. Verrouillages	26
20. Mise à la terre	26
21. Informations, plaques signalétiques	28
SECTION QUATRE — ESSAIS	
22. Généralités	30
23. Classification des essais	30
24. Essais de tension et mesure des décharges partielles	32
25. Essais d'échauffement	40
26. Essais des circuits principaux au courant de courte durée	44
27. Essais des circuits principaux de mise à la terre au courant de courte durée	44
28. Vérification des courants établi et coupé	44
29. Essais de fonctionnement mécanique	44
30. Vérification des degrés de protection	46
31. Essais de vieillissement et à l'humidité	48
32. Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	48
33. Contrôle de la filerie	48
ANNEXE A — Essais de vieillissement et à l'humidité	50
ANNEXE B — Essai à l'humidité	54
ANNEXE C — Essai continu de condensation	58
ANNEXE D — Essai de vieillissement et à l'humidité	64
FIGURES	66

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
4. Normal service conditions	13
5. Conditions during transport, storage and erection	15
SECTION TWO — RATING	
6. Rated values	15
7. Rated voltage	15
8. Rated insulation level	15
9. Rated frequency	17
10. Rated normal current	17
11. Rated short-time withstand current	17
12. Rated peak withstand current	19
13. Co-ordination of rated values	19
14. Temperature rise	19
15. Degrees of protection	19
SECTION THREE — DESIGN AND CONSTRUCTION	
16. General	21
17. Insulation enclosures	21
18. Disconnectors (isolators) and earthing switches	25
19. Interlocks	27
20. Earthing	27
21. Information, nameplates	29
SECTION FOUR — TESTS	
22. General	31
23. Classification of tests	31
24. Voltage tests and measurement of partial discharges	33
25. Temperature-rise tests	41
26. Short-time current tests on main circuits	45
27. Short-time current tests on main earthing circuits	45
28. Verification of making and breaking currents	45
29. Mechanical operation tests	45
30. Verification of the degrees of protection	47
31. Ageing and humidity tests	49
32. Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	49
33. Check of wiring	49
APPENDIX A — Ageing and humidity tests	51
APPENDIX B — Humidity test	55
APPENDIX C — Continuous condensation test	59
APPENDIX D — Ageing and humidity test	65
FIGURES	66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION SOUS ENVELOPPE ISOLANTE

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en novembre 1971. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 17C(Bureau Central)13, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1972.

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

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
France	Suisse
Israël	Turquie
Italie	Yougoslavie

Le Comité national autrichien a émis un vote défavorable en raison de quelques spécifications qui sont considérées comme trop sévères ou trop dangereuses.

Ces points sont:

- Courants de fuite sur la distance de sectionnement
- Composant enrobé d'isolant utilisé comme enveloppe
- Conditions de service normal.

Cette recommandation sera révisée en ce qui concerne les valeurs de la tension d'essai, le processus d'essai et quelques autres conditions mineures, dès que le Comité d'Etudes N° 28: Coordination de l'isolement, aura achevé la révision de la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE INSULATION-ENCLOSED SWITCHGEAR
AND CONTROLGEAR**

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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

A first draft was discussed at the meeting held in Paris in November 1971. As a result of this meeting a final draft, document 17C(Central Office)13, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Canada
France
Germany
Israel
Italy
Japan
Netherlands

Portugal
Romania
South Africa (Republic of)
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

The Austrian National Committee recorded a negative vote on the account of some specifications which are considered to be either too severe or too dangerous.

These items are:

- Leakage current across isolating distances
- Insulation-embedded components used as enclosure
- Normal service conditions.

This recommendation will be revised as far as it concerns the values of test voltages, the test procedures and some other minor terms, as soon as Technical Committee No. 28, Insulation Co-ordination, has completed the revision of IEC Publication 71, Insulation Co-ordination.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION SOUS ENVELOPPE ISOLANTE

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. **Domaine d'application**

La présente recommandation s'applique à l'appareillage préfabriqué sous enveloppe isolante pour des tensions nominales en courant alternatif de 1 kV à 38 kV, pour l'installation à l'intérieur.

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

La présente recommandation ne couvre pas les matériels compris dans l'appareillage sous enveloppe isolante; ceux-ci font l'objet de recommandations particulières.

2. **Objet**

La présente recommandation 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 recommandation.

3.1 *Appareillage*

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

3.1.1 *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.

3.1.2 *Appareillage de commande*

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 la commande des appareils utilisateurs d'énergie électrique.

3.2 *Appareillage sous enveloppe isolante*

Ensemble d'appareillage, avec une enveloppe isolante, entièrement terminé à l'exception des connexions extérieures.

3.2.1 *Appareillage de connexion sous enveloppe isolante*

Ensemble d'appareillage de connexion, avec une enveloppe isolante, entièrement terminé à l'exception des connexions extérieures.

HIGH-VOLTAGE INSULATION-ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This recommendation covers factory assembled insulation-enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages from 1 kV to 38 kV, for indoor installation.

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

This recommendation does not cover components contained in insulation-enclosed switchgear and controlgear for which separate recommendations exist.

2. Object

This recommendation has the purpose of establishing provisions concerning classification, construction, ratings and tests.

3. Definitions

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

3.1 *Switchgear and controlgear*

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.

3.1.1 *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.

3.1.2 *Controlgear*

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 the control of power-consuming equipment.

3.2 *Insulation-enclosed switchgear and controlgear*

Switchgear and controlgear assemblies with an external insulation enclosure and complete except for their external connections.

3.2.1 *Insulation-enclosed switchgear*

Switchgear assemblies with an external insulation enclosure and complete except for external connections.

3.2.2 *Appareillage de commande sous enveloppe isolante*

Ensemble d'appareillage de commande, avec une enveloppe isolante, entièrement terminé 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 isolante pouvant être transporté sans être démonté.

3.5 *Enveloppe isolante*

Partie enveloppante en matière isolante solide d'appareillage sous enveloppe isolante utilisée comme protection contre les effets dangereux de l'électricité et destinée à empêcher le personnel de s'approcher accidentellement des parties sous tension ou en mouvement et à protéger le matériel enfermé contre les effets extérieurs.

3.6 *Composant enrobé d'isolant*

Composant dont les parties sous tension, à l'exception des bornes, sont entièrement enveloppées d'une matière isolante solide.

Note. — La matière isolante peut faire partie de l'enveloppe isolante.

3.7 *Compartiment*

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

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

3.8 *Capot*

Partie de l'enveloppe externe de l'appareillage sous enveloppe isolante.

3.9 *Cloison*

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

Note. — Une cloison devient un capot lorsqu'elle est accessible de l'extérieur dans une des positions définies dans les paragraphes 3.14 à 3.18.

3.10 *Porte*

Capot pivotant ou glissant.

3.11 *Volet*

Partie qui peut être déplacée entre une position dans laquelle elle permet l'embrochage des contacts d'une partie amovible et des contacts fixes et une position dans laquelle elle constitue une partie d'un capot ou d'une cloison recouvrant les contacts fixes.

3.12 *Partie amovible*

Partie qui peut être enlevée entièrement de l'appareillage sous enveloppe isolante, même si le circuit principal reste sous tension.

3.13 *Partie débrochable*

Partie amovible pouvant occuper une position dans laquelle elle assure une distance de sectionnement entre la partie amovible et l'enveloppe fixe en restant reliée mécaniquement à l'enveloppe.

3.2.2 *Insulation-enclosed controlgear*

Controlgear assemblies with an external insulation enclosure and complete except for external connections.

3.3 *Factory-assembled switchgear and controlgear*

Switchgear and controlgear 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear, suitable for shipping without being dismantled.

3.5 *Insulation enclosure*

Surrounding solid insulation of insulation-enclosed switchgear and controlgear used as protection against dangerous electrical effects, to prevent personnel from accidentally approaching live or moving parts contained therein and to protect internal equipment against external effects.

3.6 *Insulation-embedded component*

A component, the live parts of which are, with the exception of the terminals, integrally surrounded by solid insulation.

Note. — The insulation may form part of an insulation enclosure.

3.7 *Compartment*

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

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

3.8 *Cover*

A part of the external enclosure of insulation-enclosed switchgear and controlgear.

3.9 *Partition*

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

Note. — A partition becomes a cover when it is accessible from the outside in one of the positions defined in Sub-clauses 3.14 to 3.18,

3.10 *Door*

A hinged or sliding cover.

3.11 *Shutter*

A part which can be moved between a position where it permits contacts of a removable part to engage fixed contacts, and a position where it becomes a part of a cover or a partition shielding the fixed contacts.

3.12 *Removable part*

A part which may be removed entirely from the insulation-enclosed switchgear and controlgear, even though the main circuit is live.

3.13 *Withdrawable part*

A removable part which can be moved to a position where it provides an isolating distance between the removable part and the fixed enclosure, whilst remaining mechanically connected to the enclosure.

3.14 *Position de service*

Position d'une partie amovible lorsque celle-ci est connectée pour assurer la fonction normalement prévue.

Note. — La position de mise à la terre n'est pas considérée comme position de service.

3.15 *Position de sectionnement*

Position d'une partie débrochable tant que celle-ci reste reliée mécaniquement à l'enveloppe, correspondant à l'établissement d'une distance de sectionnement.

Note. — La distance de sectionnement peut être la distance entre les deux parties du circuit principal destinées à être connectées par l'intermédiaire d'un appareil de connexion débroché ou en position après l'extraction.

3.16 *Position d'essai*

Position de sectionnement pour laquelle les circuits de commande restent connectés pour permettre de vérifier le fonctionnement de la partie débrochable.

3.17 *Position après l'extraction*

Position d'une partie amovible lorsque celle-ci est à l'extérieur et séparée mécaniquement de l'enveloppe.

3.18 *Position de mise à la terre*

Position pour laquelle un circuit principal est mis en court-circuit et à la terre lorsque l'appareil mécanique de connexion est fermé.

3.19 *Tension nominale* (de l'appareillage sous enveloppe isolante)

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

3.20 *Niveau d'isolement nominal* (de l'appareillage sous enveloppe isolante)

Combinaison des valeurs de tension de tenue nominale aux chocs de foudre et de tension de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle qui caractérisent l'isolation de l'appareillage sous enveloppe isolante relativement à son aptitude à supporter les contraintes diélectriques.

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

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

Il est exprimé en valeur efficace.

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

Courant présumé auquel un circuit d'appareillage sous enveloppe isolante 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.

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

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

3.24 *Fréquence nominale* (de l'appareillage sous enveloppe isolante)

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

3.14 *Service position* (connected position)

The position of a removable part when it is fully connected for its normally intended function.

Note. — The earthing position is not considered as a service position.

3.15 *Disconnected position* (isolated position)

A position of a withdrawable part in which an isolating distance is established, the withdrawable part remaining mechanically related to the enclosure.

Note. — Isolating distance may be the distance between the two parts of the main circuit intended to be connected by a withdrawn or removed switching device.

3.16 *Test position*

A disconnected position in which the control circuits are connected, allowing tests of the mechanical operation of the withdrawable part.

3.17 *Removed position*

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

3.18 *Earthing position*

A position in which the closing of a mechanical switching device causes a main circuit to be short-circuited and earthed.

3.19 *Rated voltage* (of insulation-enclosed switchgear and controlgear)

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

3.20 *Rated insulation level* (of insulation-enclosed switchgear and controlgear)

The combination of values of the rated lightning impulse withstand voltage and the rated short duration power-frequency withstand voltage which characterize the insulation of insulation-enclosed switchgear and controlgear with regard to its capability of withstanding the dielectric stresses.

3.21 *Rated normal current* (of a circuit)

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

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

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

The prospective current to which a circuit of insulation-enclosed switchgear and controlgear 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.

3.23 *Peak withstand current* (of a circuit)

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

3.24 *Rated frequency* (of insulation-enclosed switchgear and controlgear)

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

3.25 *Température de l'air ambiant* (de l'appareillage sous enveloppe isolante)

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

3.26 *Circuit principal* (d'un appareillage sous enveloppe isolante)

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

3.27 *Circuit principal de mise à la terre*

Ensemble des pièces métalliques de l'appareillage sous enveloppe isolante prévues pour la mise à la terre des masses du châssis.

3.28 *Circuit auxiliaire* (d'un appareillage sous enveloppe isolante)

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

4. **Conditions normales de service**

Cette recommandation s'applique à l'appareillage sous enveloppe isolante destiné à être utilisé dans les conditions suivantes:

- a) 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.
- b) La température minimale de l'air ambiant est -5 °C.

Note. — Des mesures appropriées sont à prendre pour assurer le fonctionnement correct des matériels, tels que, par exemple, des relais, qui ne sont pas prévus pour ces conditions.

- c) L'altitude n'excède pas 1 000 m (3 300 ft).

Note. — Les niveaux d'isolement nominaux spécifiés à l'article 8 s'appliquent à l'appareillage sous enveloppe isolante prévu pour être utilisé à des altitudes n'excédant pas 1 000 m (ou 3 300 ft) et pour les conditions de température spécifiées ci-dessus.

Pour le choix de l'appareillage sous enveloppe isolante destiné à être employé à des altitudes supérieures à 1 000 m (3 300 ft), on devra consulter le tableau I pour l'appareillage sous enveloppe isolante ayant des parties isolantes dans l'air à pression atmosphérique.

TABEAU I

Altitude maximale m (ft) (1)	Facteur de correction des tensions d'essai au niveau de la mer (2)	Facteur de correction des tensions nominales (3)
1 000 (3 300)	1,0	1,0
1 500 (5 000)	1,05	0,95
3 000 (10 000)	1,25	0,80

Pour l'utilisation à des altitudes comprises entre 1 500 m et 3 000 m (5 000 ft et 10 000 ft), le facteur de correction convenable peut être déterminé par interpolation linéaire entre les valeurs données dans le tableau I.

Les tensions d'essai doivent être déterminées en multipliant les valeurs de tension de tenue nominale aux chocs de foudre et de tension de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle par le facteur de correction approprié donné dans la colonne (2) du tableau I. Dans certains cas, il peut être

3.25 *Ambient air temperature* (of insulation-enclosed switchgear and controlgear)

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

3.26 *Main circuit* (of an insulation-enclosed switchgear or controlgear assembly)

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

3.27 *Main earthing circuit*

All the metallic parts of the insulation-enclosed switchgear and controlgear assembly intended to connect to earth the exposed conductive parts of the frame.

3.28 *Auxiliary circuit* (of an insulation-enclosed switchgear or controlgear assembly)

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

4. **Normal service conditions**

This recommendation applies to insulation-enclosed switchgear and controlgear which is designed to be used under the following conditions:

- a) 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.
- b) The minimum ambient air temperature is –5 °C.

Note. — Appropriate steps should be taken to assure proper operation of components, e.g. relays, which are not designed for these conditions.

- c) The altitude does not exceed 1 000 m (3 300 ft).

Note. — The rated insulation levels, as specified in Clause 8, apply to insulation-enclosed switchgear and controlgear intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m (3 300 ft) and for temperature conditions specified above.

In selecting insulation-enclosed switchgear and controlgear for use at altitudes exceeding 1 000 m (3 300 ft), Table I should be consulted for insulation-enclosed switchgear and controlgear having insulating parts in air at atmospheric pressure.

TABLE I

Maximum altitude m (ft) (1)	Correction factor for test voltages referred to sea level (2)	Correction factor for rated voltages (3)
1 000 (3 300)	1.0	1.0
1 500 (5 000)	1.05	0.95
3 000 (10 000)	1.25	0.80

For application at altitudes between 1 500 m and 3 000 m (5 000 ft and 10 000 ft), suitable correction factors may be determined by linear interpolation between the values given in Table I.

The test voltages should be determined by multiplying the values of the rated lightning impulse and rated short duration power-frequency withstand voltages by the appropriate correction factor given in column (2) of Table I. In some cases, it may be more economical to choose a higher rated voltage such that,

plus économique de choisir une tension nominale supérieure, de telle sorte que, multipliée par le facteur de correction approprié donné dans la colonne (3) du tableau I, il en résulte une tension qui ne soit pas inférieure à la tension de service la plus élevée du réseau.

- d) L'air ambiant ne contient pratiquement pas de poussière, de fumée, de gaz et vapeurs corrosifs ou inflammables, ou de sel.
- e) Les conditions d'humidité sont à l'étude mais, en attendant, les chiffres suivants peuvent être utilisés comme guide:
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95%,
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période de 24 h, n'excède pas 22 mbars,
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, sur une période d'un mois, n'excède pas 90%,
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période d'un mois, n'excède pas 18 mbars.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

Note. — Si l'appareillage sous enveloppe isolante doit être employé dans des conditions différentes de celles mentionnées ci-dessus de a) à e), le constructeur devra être consulté.

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 dans l'article 4, ne peuvent pas être respectées pendant le transport, le stockage, le montage et avant la mise en service.

SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES NOMINALES

6. Caractéristiques nominales

Les caractéristiques nominales de l'appareillage sous enveloppe isolante 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) degrés de protection;
- g) caractéristiques nominales des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante.

7. Tension nominale

Les valeurs de la tension nominale de l'appareillage sous enveloppe isolante triphasé doivent être choisies dans la liste des valeurs normales données dans la colonne I des tableaux II et III.

Notes 1. — Ces valeurs normales correspondent aux valeurs maximales de la tension la plus élevée du réseau sur lequel l'appareillage sous enveloppe isolante peut être utilisé.

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

8. Niveau d'isolement nominal

Le niveau d'isolement nominal pour les installations en situation exposée * doit être choisi selon les tableaux II ou III.

* Voir Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement, article 6.

when multiplied by the appropriate correction factor given in column (3) of Table I, the resulting voltage is not less than the highest operating voltage of the system.

- d) The ambient air is not materially polluted by dust, smoke, corrosive or flammable gases and vapours, or salt.
- e) The conditions of humidity are under consideration but, in the meantime, the following figures can be used as a guide:
 - the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h, does not exceed 95%,
 - the average value of the vapour pressure, for a period of 24 h, does not exceed 22 mbars,
 - the average value of the relative humidity, for a period of one month, does not exceed 90%,
 - the average value of the vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 18 mbars.For these conditions, condensation may occasionally occur.

Note. — If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is to be used under conditions different from those mentioned in a) to e) above, the manufacturer should be consulted.

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 Clause 4, cannot be observed during transport, storage, erection and before commissioning.

SECTION TWO — RATING

6. Rated values

The rated values of insulation-enclosed switchgear and controlgear 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) degrees of protection;
- g) rated values of the components forming part of the insulation-enclosed switchgear and controlgear.

7. Rated voltage

The values of rated voltage of three-phase insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be selected from the list of standard values given in column 1 of Tables II and III.

Notes 1. — These standard values correspond to the maximum values of the highest voltage of the system on which the insulation-enclosed switchgear and controlgear may be used.

- 2. — Components forming part of insulation-enclosed switchgear and controlgear may have individual values of rated voltage.

8. Rated insulation level

The value of the rated insulation level for use in exposed installations * shall be selected from Tables II or III.

* See IEC Publication 71: Insulation Co-ordination, Clause 6.

Les valeurs de tension données dans le tableau II s'appliquent aux conditions atmosphériques normales, à savoir: température 20 °C, pression 1 013 mbars, humidité 11 g/m³. Les valeurs de tension données dans le tableau III s'appliquent aux conditions atmosphériques suivantes: température 25 °C, pression 1 013 mbars, humidité 15 g/m³.

9. **Fréquence nominale**

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

16²/₃ Hz — 25 Hz — 50 Hz — 60 Hz

10. **Courant en service continu**

Il est recommandé de choisir le courant nominal en service continu d'un circuit, par exemple d'un circuit d'alimentation ou des barres omnibus, parmi les valeurs données dans la Publication 59 de la CEI: Courants normaux.

Des valeurs intermédiaires sont à l'étude.

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

11. **Courant nominal de courte durée admissible nominal**

Il est recommandé de choisir la valeur du courant de courte durée admissible nominal dans la série R 10 des nombres normaux (voir Recommandation R3 de l'ISO). La valeur normale de la courte durée est 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:

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

TABLÉAU II

(Basé sur la pratique courante d'un groupe de pays européens)

Tension nominale * (valeur efficace) kV	Tension de tenue en onde de choc normalisée, à sec Polarités positive et négative (valeur de crête) kV		Tension de tenue à fréquence industrielle, à sec pendant 1 min (valeur efficace) kV		
	A la terre et entre pôles	Sur la distance de sectionnement **	A la terre et entre pôles		Sur la distance de sectionnement **
			Essai de type	Essai individuel	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3,6	45	52	21	16	25
7,2	60	70	27	22	35
12,0	75	85	35	28	45
17,5	95	110	45	38	60
24,0	125	145	55	50	75
36,0	170	195	75	70	100

Note. — De nouvelles valeurs sont à l'étude.

* Voir article 7, note 1.

** Pour l'application des valeurs des colonnes 3 et 6, voir paragraphe 24.2.1.2.

The voltage values in Table II apply at standard atmospheric conditions which are: temperature 20 °C, atmospheric pressure 1 013 mbars, and humidity 11 g/m³. The voltage values in Table III apply at atmospheric conditions of ambient temperature 25 °C, atmospheric pressure 1 013 mbars, and humidity 15 g/m³.

9. **Rated frequency**

The rated frequency should be selected from the following values:

16²/₃ Hz — 25 Hz — 50 Hz — 60 Hz

10. **Rated normal current**

The values of rated normal current of the circuits, e.g. a feeder circuit or a busbar, should be selected from IEC Publication 59, Standard Current Ratings.

Intermediate values are under consideration.

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

11. **Rated short-time withstand current**

The value of the rated short-time withstand current should be selected from the R 10 series of preferred numbers (see ISO Recommendation R 3); the standard value of the short-time is 1 s.

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

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

TABLE II

(Based on current practice of a group of European countries)

Rated voltage * kV (r.m.s.)	Standard impulse withstand voltage, dry Positive and negative polarity kV (peak)		One-minute power-frequency withstand voltage, dry kV (r.m.s.)		
	To earth and between phases	Across the isolating distance **	To earth and between phases		Across the isolating distance **
			Type test	Routine test	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
3.6	45	52	21	16	25
7.2	60	70	27	22	35
12.0	75	85	35	28	45
17.5	95	110	45	38	60
24.0	125	145	55	50	75
36.0	170	195	75	70	100

Note. — New values are under consideration.

* See Clause 7, Note 1.

** For the applicability of the values in columns 3 and 6, see Sub-clause 24.2.1.2.

TABLEAU III

(Basé sur la pratique courante aux Etats-Unis et au Canada)
(à l'étude)

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. Dans chaque circuit ou chaque compartiment, il est admis de tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que coupe-circuit à fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

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.

14. Echauffement

L'échauffement des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante 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, les valeurs d'échauffement au courant nominal en service continu et à la fréquence nominale ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes:

— Joints recouverts d'argent: 65 °C

— Autres cas: 50 °C

Note. — L'adoption de l'échauffement de 65 °C implique que toute précaution nécessaire sera prise pour qu'aucun dommage ne soit causé aux matériaux isolants environnants.

15. Degrés de protection

15.1 Protection des personnes contre les dangers électriques provenant du contact avec l'enveloppe ou l'appareillage sous enveloppe isolante en fonctionnement

Le degré de protection des personnes contre les dangers électriques provenant du contact avec l'enveloppe ou l'appareillage sous enveloppe isolante en service sera de l'une des classes suivantes:

15.1.1 Protection de classe A

Isolation répondant à toutes les exigences du niveau d'isolement nominal conformément au paragraphe 17.1 a) à c).

La classe A est en général suffisante pour les parties de l'enveloppe touchées seulement accidentellement ou par inadvertance par les personnes.

15.1.2 Protection de classe B

Isolation répondant aux conditions de classe A et qui, en outre, possède un isolement supplémentaire conformément au paragraphe 17.1 d) ou e) assurant une protection dans le cas où l'isolement de classe A est endommagé.

La classe B est considérée comme appropriée pour les parties susceptibles d'être touchées en service, lors du remplacement de parties amovibles ou de l'exécution d'autres travaux d'entretien courant.

Note. — Une protection équivalente à l'isolement supplémentaire de classe B peut être obtenue à l'aide d'un capot métallique mis à la terre. Les conditions indiquées dans la Publication 298 de la CEI: Appareillage à haute tension sous enveloppe métallique, sont valables dans ce cas.

TABLE III

(Based on current practice in U.S.A. and Canada)
(under consideration)

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, but for each circuit or compartment, advantage may be taken of apparatus tending to limit the actual stresses, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

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. **Temperature rise**

The temperature rise of any component contained in insulation-enclosed switchgear and controlgear 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, the temperature rise at rated normal current and rated frequency shall not exceed the following values:

- Joints, silver-faced: 65 °C
- Other cases: 50 °C.

Note. — When applying the temperature rise of 65 °C, care should be taken that no damage is caused to surrounding insulating materials.

15. **Degrees of protection**

15.1 *Protection of persons against dangerous electrical effects when touching the enclosure or operating insulation-enclosed switchgear and controlgear*

The grade of protection of persons against dangerous electrical effects when touching the enclosure or operating insulation-enclosed switchgear and controlgear, shall be one of the following:

15.1.1 *Protection grade A*

Insulation which meets all requirements for the rated insulation level in accordance with Sub-clause 17.1 a) to c).

Grade A is generally sufficient for those parts of the enclosure which are touched by persons only accidentally or inadvertently.

15.1.2 *Protection grade B*

Insulation which in addition to that meeting the requirements of grade A has additional insulation in accordance with Sub-clause 17.1 d) or e) as a safe-guard in case the grade A insulation is damaged.

Grade B is considered as suitable for parts which are liable to be touched when operating, when replacing removable parts or when carrying out other normal maintenance work.

Note. — A protection equivalent to the additional insulation of grade B may be obtained by a metallic earthed cover. For this arrangement, the requirements of IEC Publication 298, High-voltage Metal-enclosed Switchgear and Controlgear, apply.

- La présente recommandation s'adresse à l'appareillage sous enveloppe isolante ayant soit :
- une protection totale de classe B pour des installations généralement accessibles ou
 - une protection partielle de classe A et partielle de classe B pour des installations accessibles seulement à des opérateurs expérimentés.

- 15.2 *Protection des personnes contre l'approche dangereuse des pièces sous tension et en mouvement*
Les classes de protection des enveloppes isolantes sont données dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Chiffre caractéristique *	Degré de protection
IPH 2	Protection contre l'approche des pièces sous tension ou le contact avec les pièces en mouvement intérieures à l'enveloppe, avec les doigts.
IPH 3	Protection contre l'approche des pièces sous tension ou le contact avec des pièces en mouvement intérieures à l'enveloppe, avec des outils, des fils ou objets analogues d'épaisseur supérieure à 2,5 mm.
IPH 6	Protection totale contre l'approche des pièces sous tension ou le contact avec les pièces en mouvement intérieures à l'enveloppe.

* Ces chiffres correspondent en substance aux premiers chiffres caractéristiques de l'article 3 de la Publication 144 de la CEI: Degrés de protection des enveloppes pour l'appareillage à basse tension.

- 15.3 *Protection du matériel contre les effets externes*
- a) Protection contre la pénétration de corps solides étrangers: pas de spécification particulière en dehors de celles du paragraphe 15.2.
 - b) Protection contre les agents atmosphériques: les conditions normales de service à considérer sont données à l'article 4.
 - c) Toutes les enveloppes doivent avoir une résistance mécanique suffisante (pour les essais, voir paragraphe 30.3).

SECTION TROIS — CONCEPTION ET CONSTRUCTION

16. Généralités

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

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

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

17. Enveloppes isolantes

17.1 Généralités

Les enveloppes isolantes complètes ainsi que les matériaux utilisés dans la construction doivent être capables de résister aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques ainsi qu'aux effets de l'humidité et du vieillissement qu'il est probable de rencontrer dans des conditions normales de service.

- This specification provides for insulation-enclosed switchgear and controlgear which either has:
- protection grade B throughout for generally accessible installations or
 - partly protection grade A and partly protection grade B for installations accessible to skilled operators only.

15.2 *Protection of persons against hazardous approach to live and moving parts*

The degrees of protection of insulation enclosures are given in Table IV.

TABLE IV

Characteristic numeral *	Degree of protection
IPH 2	Protection against approach to live parts or contact with internal moving parts, by fingers.
IPH 3	Protection against approach to live parts or contact with internal moving parts, by tools, wires or similar objects of thickness greater than 2.5 mm.
IPH 6	Complete protection against approach to live parts or contact with internal moving parts.

* These numerals correspond essentially to the first characteristic numerals in Clause 3 of IEC Publication 144, Degrees of Protection of Enclosures for Low-voltage Switchgear and Controlgear.

15.3 *Protection of equipment against external effects*

- a) Protection against ingress of foreign solid bodies: no additional provisions beyond those in Sub-clause 15.2 are given.
- b) Protection against atmospheric agents: relevant normal service conditions are given in Clause 4.
- c) All enclosures shall be of sufficient mechanical strength (for tests, see Sub-clause 30.3).

SECTION THREE — DESIGN AND CONSTRUCTION

16. **General**

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be designed so that normal service and maintenance operations, including the usual checking of phase sequence, 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.

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

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

17. **Insulation enclosures**

17.1 *General*

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

Les enveloppes isolantes doivent donner la classe de protection exigée. Elles devront assurer soit une protection totale de classe B, soit une protection partielle de classe A et partielle de classe B.

Les murs et le sol d'un local ne seront pas considérés comme faisant partie de l'enveloppe.

Pour assurer une protection de classe A, la paroi isolante doit répondre aux exigences suivantes:

- a) En dehors de toute considération mécanique, l'épaisseur du matériau isolant des enveloppes isolantes doit être suffisante pour résister aux tensions d'essai prévues dans les colonnes 2 et 4 des tableaux II et III. Les méthodes spécifiées dans la Publication 243 de la CEI: Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles, devraient être utilisées pour les essais de la colonne 4.
- b) Les courants capacitifs et les courants de fuite ne doivent pas, conformément aux conditions prescrites au paragraphe 30.2.3, être supérieurs à 0,5 mA.
- c) L'isolation entre le circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante du montage global doit être capable de résister aux tensions d'essai des données dans les colonnes 2 et 4 des tableaux II et III, lors des essais effectués conformément au paragraphe 24.2.1.1.

La protection de classe B doit répondre aux exigences de la classe A ainsi qu'à l'une des exigences supplémentaires suivantes, sauf lorsque les conditions de la note du paragraphe 15.1.2 sont remplies.

- d) L'enveloppe isolante doit comporter au moins deux couches de matériau isolant, dont l'une doit répondre aux exigences a) ci-dessus et l'autre aux exigences a) à l'exception du fait que la tenue de 1 min à la tension d'essai à fréquence industrielle doit être réalisée à 150% de la tension nominale.

Il ne doit pas être possible d'enlever l'isolation supplémentaire apportée à la classe B sans l'aide d'un outil.

- e) L'enveloppe isolante contient un isolant gazeux et liquide. Il est alors nécessaire de s'assurer qu'en cas de remplacement de l'isolant gazeux et liquide par de l'air ambiant à la pression atmosphérique normale, l'isolation du circuit principal par rapport à la surface intérieure de l'enveloppe isolante est capable de supporter pendant 1 min une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150% de la tension nominale (voir paragraphe 24.2.1.3).

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 de la surpression engendrée par un arc.

17.2 Capots

Les capots doivent procurer le degré de protection spécifié selon le paragraphe 15.2, lorsqu'ils sont fermés et que les parties amovibles sont dans l'une ou l'autre des positions définies aux paragraphes 3.14 à 3.18.

On distingue deux catégories de capots pour l'accès aux compartiments à haute tension:

- a) ceux qui n'ont pas à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation ou d'entretien (capots fixes). Ils ne doivent pas pouvoir être ouverts, démontés ou retirés sans l'aide d'un outil;
- b) ceux qui ont à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation ou d'entretien (capots amovibles, portes). Ils ne doivent pas nécessiter d'outil pour leur ouverture ou leur enlèvement. Ils devront pouvoir être munis d'un dispositif de fermeture (cadenas par exemple) à moins que la sécurité des personnes ne soit assurée par un verrouillage mécanique approprié.

Insulation enclosures shall give the required degree of protection. They shall either provide protection according to grade B throughout or partly grade A and partly grade B.

The walls and the floor of a room shall not be considered as parts of the enclosure.

To provide protection grade A, the insulation enclosure shall meet the following requirements:

- a) Apart from mechanical considerations, the thickness of the insulating material of insulation enclosures shall be sufficient to withstand the test voltages according to columns 2 and 4 of Tables II and III. The methods specified in IEC Publication 243, Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies, should be applied to the tests to meet the requirements of column 4.
- b) Capacitive and leakage currents shall, under the conditions prescribed in Sub-clause 30.2.3, be not greater than 0.5 mA.
- c) The insulation between the main circuit and the accessible surface of the insulation enclosure of the total assembly shall be capable of withstanding the test voltages according to columns 2 and 4 of Tables II and III, when tested according to Sub-clause 24.2.1.1.

Protection grade B shall meet the requirements of grade A and one of the following additional requirements, except when the conditions in the note under Sub-clause 15.1.2 are fulfilled.

- d) The insulation enclosure shall consist of at least two layers of insulating material, one of which shall comply with requirements a) above, the other with requirements a) except that only ability to withstand a 1 min power-frequency test voltage equal to 150% of the rated voltage is required.

It shall not be possible to remove the additional insulation provided in grade B without the aid of a tool.

- e) The insulation enclosure contains a gaseous or liquid insulant. In this case, it shall be ensured that, when the gaseous or liquid insulant is replaced by ambient air at normal atmospheric pressure, the insulation of the main circuit with respect to the internal surface of the insulation enclosure is capable of withstanding a 1 min power-frequency test voltage equal to 150% of the rated voltage (see Sub-clause 24.2.1.3).

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 so as to minimize the risk to personnel.

17.2 Covers

Covers shall provide the degree of protection specified in accordance with Sub-clause 15.2 when they are closed and removable parts are in any of the positions defined in Sub-clauses 3.14 to 3.18.

Two categories of covers are recognized with regard to access to high-voltage compartments:

- a) those which need not be opened for the normal purposes of operation or maintenance (fixed covers). It shall not be possible for them to be opened, dismantled or removed without the aid of a tool;
- b) those which need to be opened for the normal purposes of operation or maintenance (removable covers, doors). These shall not require tools for their opening or removal. They shall be provided with locking facilities, for example, provision for padlocks, unless the safety of operators is assured by a suitable interlocking device.

17.3 *Volets et regards*

Les capots de tout appareillage sous enveloppe isolante contenant des ouvertures pour permettre l'embrochage des contacts de la partie amovible et des contacts fixes doivent être munis de volets ou autres dispositifs assurant la sécurité des personnes dans les positions définies aux paragraphes 3.15 à 3.18.

S'il est nécessaire, lors des travaux d'entretien, d'ouvrir des volets pour atteindre un jeu de contacts fixes, tous les volets doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser en position de fermeture.

Les regards doivent être fermés par des plaques transparentes ayant une résistance mécanique comparable à celle de l'enveloppe et doivent avoir le degré de protection spécifié pour l'enveloppe.

Les volets et regards doivent assurer le degré de protection requis et répondre aux exigences concernant les enveloppes isolantes *a)*, *b)*, *c)* et au besoin *d)* ou *e)* du paragraphe 17.1.

17.4 *Orifices de ventilation et d'échappement*

Les orifices de ventilation et d'échappement des gaz doivent être disposés ou protégés de telle sorte qu'un fil droit de n'importe quel diamètre ne puisse pas être placé dans une position telle que le niveau d'isolement des circuits principaux soit réduit au-dessous du niveau nominal.

Les orifices de ventilation et d'échappement doivent être disposés de façon à ne pas mettre en danger un opérateur lors de l'échappement de gaz ou de vapeurs sous pression.

17.5 *Circuits auxiliaires*

Les dispositifs de commande et auxiliaires ainsi que le câblage des circuits auxiliaires, à l'exception de courtes connexions aux bornes de transformateurs de mesure, bobines de déclenchement, contacts auxiliaires, etc., doivent être séparés du circuit principal par des cloisons assurant une protection de classe B conforme au paragraphe 17.1 ou par des cloisons métalliques mises à la terre.

Les coupe-circuit à fusibles des circuits auxiliaires, 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.

18. *Sectionneurs et sectionneurs de terre*

Le dispositif servant au sectionnement entre les conducteurs principaux d'une partie amovible et ceux d'une partie fixe est considéré comme étant un sectionneur. Tous les sectionneurs doivent répondre à la Publication 129 de la CEI: Sectionneurs à courant alternatif et sectionneurs de terre, sauf que l'article 43 doit y être remplacé par la clause suivante:

Pour des raisons de sécurité, les sectionneurs doivent être réalisés de telle sorte qu'aucun courant de fuite ne s'écoule d'un côté à l'autre de la distance de sectionnement.

Cette condition de sécurité est remplie lorsque les courants de fuite sont dirigés vers la terre par une connexion de terre appropriée ou lorsque l'isolation en question est effectivement protégée contre la pollution en service. *

Les courants de fuite à travers la distance de sectionnement ne doivent pas dépasser 0,5 mA. La mesure des courants de fuite doit être effectuée d'une manière analogue à la méthode prescrite au paragraphe 30.2.

* 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.

17.3 *Shutters and inspection windows*

Openings in the covers of insulation-enclosed switchgear and controlgear through which contacts of removable parts engage fixed contacts, shall be provided with shutters or other devices to assure the protection of persons in the positions defined in Sub-clauses 3.15 to 3.18.

If maintenance requirements imply that one set of fixed contacts shall be accessible through opened shutters, all shutters shall be provided with means of locking them in the closed position.

Inspection windows shall be covered by a transparent sheet of mechanical strength comparable to that of the enclosure and shall provide the degree of protection specified for the enclosure.

Shutters and inspection windows shall give the required degree of protection and meet the requirements for insulation enclosures *a)*, *b)*, *c)* and if applicable *d)* or *e)* of Sub-clause 17.1.

17.4 *Ventilating openings, vent outlets*

Ventilating openings and vent outlets shall be so arranged or shielded that a straight wire of any diameter cannot be brought into such a position that the insulation level of the main circuits would be reduced below the rated level.

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

17.5 *Auxiliary circuits*

Control and auxiliary devices and the wiring of auxiliary circuits, with the exception of short lengths of wire at the terminals of instrument transformers, tripping coils, auxiliary contacts, etc., shall be separated from the main circuit by partitions having protection grade B of Sub-clause 17.1 or by the provision of earthed metal partitions.

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

18. **Disconnectors (isolators) and earthing switches**

The means for the separation of the high-voltage conductors of removable parts from the fixed parts are considered to be a disconnector. All disconnectors shall comply with IEC Publication 129, Alternating Current Isolators (Disconnectors) and Earthing Switches, except that the following provision shall take the place of Clause 43:

For reasons of safety, the disconnectors shall be so designed that no dangerous leakage currents can pass from one side to the other of the isolating distance.

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

Leakage currents across the isolating distance shall not exceed 0.5 mA. The measurement of leakage currents shall be carried out in a manner analogous to the method prescribed in Sub-clause 30.2.

* 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 of the IEC.

La stipulation de l'article 45 b) de la Publication 129 de la CEI, disant qu'il doit être possible de reconnaître de façon sûre la position des sectionneurs, est réputée satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance de sectionnement est visible;
- la position de la partie débrochable, par rapport à la partie fixe, est nettement visible;
- la position du sectionneur est indiquée par un dispositif indicateur sûr.

Toute partie amovible doit être maintenue par rapport à la partie fixe de telle sorte que le sectionneur ne puisse s'ouvrir intempestivement sous l'effet des forces pouvant se produire en service, en particulier de celles dues à un court-circuit.

19. 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:

a) Appareillage sous enveloppe isolante contenant des parties amovibles:

Le débrochage ou l'embrochage d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si cet appareil de connexion se trouve dans la position d'ouverture.

La manœuvre d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si cet appareil de connexion se trouve dans une des positions de service, de sectionnement, après l'extraction, d'essai ou de mise à la terre.

Dans la position de service, la fermeture du disjoncteur ou contacteur ne doit être possible que si cet appareil de connexion est raccordé au circuit auxiliaire.

b) Appareillage sous enveloppe isolante ne comportant pas de parties amovibles mais des sectionneurs.

Des verrouillages doivent être prévus pour empêcher la manœuvre des sectionneurs dans des conditions pour lesquelles ils ne sont pas prévus (voir l'article 3 de la Publication 129 de la CEI). La manœuvre d'un sectionneur utilisé pour établir ou couper un courant d'intensité négligeable ne doit être possible que lorsque le disjoncteur, l'interrupteur ou le contacteur associé se trouve en position d'ouverture.

La manœuvre du disjoncteur, de l'interrupteur ou du contacteur ne doit être possible que si le sectionneur associé se trouve en position d'ouverture ou bien en position de fermeture.

Des verrouillages complémentaires ou différents doivent 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.

Il est recommandé que pour chaque circuit 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.

Les appareils installés dans les circuits principaux, dont la manœuvre incorrecte peut causer des dommages ou qui servent à assurer la distance de sectionnement durant des travaux d'entretien, doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser (par exemple cadenas).

Note. — Dans la mesure du possible, la préférence sera donnée au verrouillage mécanique.

20. Mise à la terre

Il doit être prévu un conducteur commun de terre disposé sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe isolante. La densité de courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre *,

* Si le conducteur de terre n'est pas en cuivre, il doit présenter des caractéristiques thermiques et mécaniques équivalentes.

The requirement of Clause 45 b) of IEC Publication 129, that it shall be possible to know the operating position of disconnectors, is met when one of the following conditions is fulfilled:

- the isolating distance is visible;
- the position of the withdrawable part in relation to the fixed part is clearly visible;
- the position of the disconnector is indicated by a reliable indicating device.

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

19. 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:

a) Insulation-enclosed switchgear and controlgear with removable parts.

The withdrawal or engagement of a circuit-breaker, switch or contactor shall not be possible unless this switching device is in the open position.

The operation of a circuit-breaker, switch or contactor shall not be possible unless this switching device is in a service, disconnected, removed, test or earthing position.

It shall be impossible to close the circuit-breaker or contactor in the service position unless this switching device is connected to the auxiliary circuit.

b) Insulation-enclosed switchgear and controlgear without removable parts and provided with disconnectors.

Interlocks shall be provided to prevent operation of disconnectors under conditions other than those for which they are intended (see Clause 3 of IEC Publication 129). The operation of a disconnector intended to open (or close) with negligible current shall not be possible unless the associated circuit-breaker, switch or contactor is in the open position.

The operation of the circuit-breaker, switch or contactor shall not be possible unless the associated disconnector is either in the open or closed position.

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.

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

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

Note. — Whenever practical, preference should be given to mechanical interlocks.

20. Earthing

An earthing conductor shall be provided running the length of the insulation-enclosed switchgear and controlgear. The current density in the earthing conductor, if of copper, * shall not

* If the earthing conductor is not of copper, equivalent thermal and mechanical requirements shall be met.

ne doit pas dépasser 200 A/mm^2 dans les conditions prescrites de défauts à la terre pour une durée de 1 s ; toutefois, la section de ce conducteur doit être d'au moins 30 mm^2 . Ce conducteur doit être terminé par une borne appropriée, destinée au raccordement au réseau de terre de l'installation.

Toutes les parties métalliques qui n'appartiennent pas au circuit principal ou auxiliaire et qui peuvent recueillir des charges électriques occasionnant des effets dangereux doivent être connectées au conducteur de terre.

Les pièces métalliques des parties débrochables qui sont normalement à la terre doivent rester également à la terre en position de sectionnement dans les conditions prescrites pour la distance de sectionnement selon l'article 18 lorsque le circuit auxiliaire n'est pas complètement déconnecté (par exemple dans la position d'essai).

En général, 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.

Lorsque des parties du conducteur de terre peuvent avoir à supporter le plein courant de court-circuit triphasé, ce qui est le cas, par exemple, lorsque des sectionneurs de terre sont prévus, les connexions doivent être dimensionnées en conséquence.

Note. — Le courant susceptible de traverser le conducteur reliant le conducteur de terre avec le point de court-circuit de la partie triphasée du circuit de terre est sensiblement différent selon que le réseau est à neutre isolé ou à neutre à la terre. Il pourra faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Il doit être possible de mettre à la terre toutes les parties d'un circuit principal qui peuvent être déconnectées du reste de ce circuit.

21. Informations, plaques signalétiques

21.1 Informations à donner par l'utilisateur

- conditions de service
- degrés de protection
- caractéristiques nominales
- schémas des circuits.

21.2 Informations à donner par le constructeur

- caractéristiques nominales et caractéristiques de construction
- constructions de service et d'entretien
- constructions 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 isolante
- croquis indiquant les parties dont les protections sont respectivement de classe A et B
- liste des parties débrochables.

21.3 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 les indications suivantes (le cas échéant):

- tension nominale
- courants nominaux pour les barres omnibus et les circuits
- fréquence nominale.

exceed 200 A/mm^2 under the specified earth fault conditions based on a time of 1 s; however, its cross-sectional area shall be not less than 30 mm^2 . It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation.

All accessible metallic parts which do not belong to a main or auxiliary circuit, and which can collect electric charges causing dangerous effects, shall be connected to the earthing conductor.

The metallic parts of withdrawable parts which are normally earthed shall also remain earth-connected in the disconnected position under the prescribed conditions for the isolating distance according to Clause 18 whilst the auxiliary circuits are not totally disconnected (e.g. in the test position).

In general, 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.

Where lengths of earth connections have to carry the full three-phase short-circuit current as this is, for example, the case where earthing switches are provided, the connections shall be dimensioned accordingly.

Note. — The current which conductors between the earth conductor and the short-circuit point of the three-phase part of the earthing circuit may have to carry, differs considerably in the case of isolated neutral and earthed systems and may be the subject of an agreement between manufacturer and user.

Each part of a main circuit which can be disconnected from the rest shall be capable of being earthed.

21. Information, nameplates

21.1 Information to be given by the user

- service conditions
- degrees of protection
- rated values
- circuit diagrams.

21.2 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear
- drawing indicating the parts protected to grade A and grade B respectively
- list of removable parts.

21.3 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 are also given (where applicable):

- rated voltage
- rated currents for the busbars and for the circuits
- rated frequency.

SECTION QUATRE — ESSAIS

22. Généralités

La présente recommandation prévoit des essais de type et des essais individuels.

Les matériels faisant partie d'appareillage sous enveloppe isolante et relevant d'autres spécifications doivent y satisfaire et être essayés en conséquence, en tenant compte des indications suivantes.

23. Classification des essais

23.1 *Essais et vérifications de type*

Ces essais ont pour but de vérifier les caractéristiques de conception de l'appareillage. Ils sont à effectuer sur des types représentatifs d'ensembles ou de sous-ensembles de l'appareillage sous enveloppe isolante.

Il n'est toutefois pas toujours raisonnablement possible de soumettre toutes les dispositions prévues pour l'appareillage sous enveloppe isolante à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques et des combinaisons de matériels. 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 | paragraphes 24.2.1 et 24.3 |
| — Essais de tension de courte durée à fréquence industrielle à sec | paragraphes 24.2.1 et 24.4 |
| — Mesure des décharges partielles | paragraphe 24.5 |
| — Essai de stabilité thermique | paragraphe 24.6 |
| — Essais d'échauffement | article 25 |
| — Essais des circuits principaux au courant de courte durée | article 26 |
| — Essais des circuits principaux de mise à la terre au courant de courte durée | article 27 |
| — Vérification des courants établi et coupé | article 28 |
| — Essais de fonctionnement mécanique | article 29 |
| — Vérification de la protection des personnes contre l'approche dangereuse de pièces sous tension ou en mouvement | paragraphe 30.1 |
| — Vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux | paragraphe 30.2 |
| — Essai de résistance mécanique | paragraphe 30.3 |
| — Essais de vieillissement et à l'humidité | article 31 |
| — Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques | article 32 |
| — Contrôle de la filerie | article 33 |

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

23.2 *Essais et vérifications individuels*

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

Ces essais et vérifications comprennent:

- | | |
|--|----------------------------|
| — Essais de tension de courte durée à fréquence industrielle à sec | paragraphes 24.2.2 et 24.4 |
| — Mesure des décharges partielles | paragraphe 24.5 |

SECTION FOUR — TESTS

22. General

The tests prescribed by this recommendation include type tests and routine tests.

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

23. Classification of tests

23.1 *Type tests and verifications*

The purpose of type tests is to verify the design characteristics of the switchgear and controlgear. The type tests are made on representative prototype assemblies or sub-assemblies of the insulation-enclosed switchgear and controlgear.

Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is impracticable to type-test all arrangements of insulation-enclosed switchgear and controlgear. 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 24.2.1 and 24.3 |
| — Short duration power-frequency voltage dry tests | Sub-clauses 24.2.1 and 24.4 |
| — Measurement of partial discharges | Sub-clause 24.5 |
| — Thermal stability test | Sub-clause 24.6 |
| — Temperature-rise tests | Clause 25 |
| — Short-time current tests on main circuits | Clause 26 |
| — Short-time current tests on main earthing circuits | Clause 27 |
| — Verification of making and breaking currents | Clause 28 |
| — Mechanical operation tests | Clause 29 |
| — Verification of protection of persons against hazardous approach to live parts and moving parts | Sub-clause 30.1 |
| — Verification of protection of persons against dangerous electrical effects | Sub-clause 30.2 |
| — Mechanical strength test | Sub-clause 30.3 |
| — Ageing and humidity tests | Clause 31 |
| — Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices | Clause 32 |
| — Check of wiring | Clause 33 |

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

23.2 *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:

- | | |
|---|-----------------------------|
| — Short duration power-frequency voltage dry test | Sub-clauses 24.2.2 and 24.4 |
| — Measurement of partial discharges | Sub-clause 24.5 |

- | | |
|--|-----------------|
| — Essais de tension des circuits auxiliaires | paragraphe 24.7 |
| — Essais de fonctionnement mécanique | article 29 |
| — Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques | article 32 |
| — Contrôle de la filerie | article 33 |

Note. — Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des matériels de construction et de caractéristiques identiques (voir article 16).

24. Essais de tension et mesure des décharges partielles

24.1 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Lorsque l'isolation de l'appareillage à enveloppe isolante comprend de l'air à la pression atmosphérique, les essais de tension et les mesures de décharges partielles doivent être faits dans des conditions aussi voisines que possible des conditions atmosphériques normales données dans la Publication 60 de la CEI: Techniques des essais à haute tension. Lorsque les conditions au moment des essais sont différentes des conditions normales et qu'il y a, de ce fait, un risque de décharge disruptive dans l'air, la tension spécifiée pour les essais peut être réduite par application des facteurs de correction donnés dans la Publication 60 de la CEI.

24.2 Application et valeurs de la tension d'essai pour les essais de tension aux chocs de foudre et de courte durée à fréquence industrielle

24.2.1 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:

24.2.1.1 A la terre et entre pôles

Les tensions d'essai dans les colonnes 2, 4 et 5 des tableaux II ou III doivent être appliquées de la façon suivante: Connecter successivement chaque phase à la borne de haute tension de l'alimentation d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal doivent être reliés au conducteur de mise à la terre et à la borne de terre de l'alimentation d'essai. Les surfaces de l'enveloppe isolante reposant sur le sol ou fixées aux parois doivent être couvertes par un feuillet métallique mis à la terre.

Afin de vérifier la conformité avec les exigences du paragraphe 17.1 c), un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible mais n'excédant pas 100 cm², mis à la terre, doit être appliqué à l'endroit le plus défavorable sur le côté accessible de l'enveloppe isolante. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents. Ce feuillet doit être appliqué sur la surface extérieure de l'enveloppe sans être introduit dans les petits interstices. Pour la commodité de l'essai, sous réserve d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur, il est possible d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties de l'enveloppe.

Note. — Si un sous-ensemble est essayé, il doit comporter des joints constitués d'éléments noyés dans un isolant, au cas où ceux-ci seraient utilisés.

Les essais doivent être faits, dans tous les cas, avec tous les appareils de connexion fermés et toutes les parties amovibles en position de service. L'attention est attirée sur la possibilité d'un champ électrique moins favorable lorsque les appareils de connexion sont en position d'ouverture ou que les parties amovibles sont dans une position de sectionnement, après l'extraction, ou de mise à la terre. Les essais doivent être répétés dans ces conditions moins favorables.

Note. — Les parties amovibles ne seront pas soumises à ces essais lorsqu'elles sont dans une position de sectionnement ou après l'extraction.

- | | |
|--|-----------------|
| — Voltage tests on auxiliary circuits | Sub-clause 24.7 |
| — Mechanical operation tests | Clause 29 |
| — Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices | Clause 32 |
| — Check of wiring | Clause 33 |

Note. — It may be necessary to verify the interchangeability of components of the same rating and construction (compare Clause 16).

24. Voltage tests and measurement of partial discharges

24.1 *Ambient air conditions during tests*

Where the insulation of insulation-enclosed switchgear and controlgear comprises atmospheric air, voltage tests and measurement of partial discharges shall be made in conditions as near as possible to the standard atmospheric conditions laid down in IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques. When due to deviation of the conditions at the time of the tests from standard atmospheric conditions, there is a risk of flashover in air, the voltage specified for the tests may be reduced by the application of the correction factors given in IEC Publication 60.

24.2 *Application and values of test voltages for lightning impulse and short duration power-frequency voltage tests*

24.2.1 *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 circuits, but in principle they shall cover the following:

24.2.1.1 *To earth and between phases*

The test voltages in columns 2, 4 and 5 of Tables II or III should be applied as follows: Connect each phase in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit are to be connected to the earthing conductor and to the earth terminal of the test supply. Areas of the insulation enclosure intended for resting on the floor or fixing to the walls shall be covered by earthed metal foils.

In order to check compliance with the requirements of Sub-clause 17.1 c) the insulation enclosure shall be covered on the accessible side in the most unfavourable position for the test with a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm², which shall be connected to earth. In case of doubt upon which is the most unfavourable position, the test shall be repeated in different positions. This foil shall be applied on the external surface of the enclosure without protruding into small gaps. For convenience of testing, subject to agreement between user and manufacturer, more than one metal foil can be applied simultaneously or larger parts of the enclosure can be covered.

Note. — If a sub-assembly is tested, it shall include joints of insulation-embedded components if these are used.

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

Note. — The removable parts are not to be subjected to these tests whilst they are in a disconnected or removed position.

24.2.1.2 *Sur la distance de sectionnement*

Les tensions d'essai spécifiées dans les colonnes 3 et 6 des tableaux II ou III doivent être appliquées à chaque distance de sectionnement du circuit principal.

Pour toute position de sectionnement pour laquelle il n'y a pas de volet ni de cloison métallique mis à la terre entre la partie fixe et la partie débrochable, la tension spécifiée ci-dessus doit être appliquée comme suit:

- a) Si le circuit principal de la partie débrochable est accessible:
 - entre les contacts mobiles et les contacts fixes qui correspondent.
- b) Si le circuit principal de la partie débrochable n'est pas accessible:
 - entre les contacts fixes correspondant à un côté de l'appareil de connexion débrochable et les contacts fixes correspondant à l'autre côté, l'appareil de connexion étant fermé.

24.2.1.3 *Isolant gazeux ou liquide*

Si la stipulation e) du paragraphe 17.1 est applicable, on devra vérifier l'aptitude requise à supporter pendant 1 min un essai à fréquence industrielle sous une tension égale à 150% de la tension nominale.

Pendant l'essai, la surface intérieure de l'enveloppe isolante vis-à-vis des parties du circuit principal est recouverte d'un feuillet métallique mis à la terre ou d'un tissu conducteur et la tension d'essai est appliquée entre ce dernier et toutes les parties du circuit principal connectées ensemble.

24.2.2 *Essais individuels*

- a) Si l'appareillage sous enveloppe métallique est par essence un assemblage de plusieurs matériels, dont chacun a déjà subi les essais individuels appropriés, les essais individuels prescrits dans la présente recommandation sont réduits en principe à l'essai des raccordements et de l'enveloppe isolante.

Un tel essai peut consister en un essai de tension de courte durée à fréquence industrielle suivant les paragraphes 24.2.1.1 et 24.4, les tensions d'essais étant celles spécifiées dans la colonne 5 des tableaux II ou III, mais limité à l'application successive de la tension au conducteur de chaque phase du circuit principal, la continuité de l'ensemble du circuit étant établie (par exemple en fermant les appareils de connexion ou d'une autre manière).

- b) Si l'appareillage sous enveloppe isolante est un assemblage de plusieurs matériels qui n'ont pas été essayés individuellement, tous les essais du paragraphe 24.2.1.1 doivent être faits.

24.3 *Essais de tension aux chocs de foudre à sec*

L'appareillage sous enveloppe isolante doit être soumis à des essais de tension aux chocs de foudre à sec 1,2/50 conformément à la Publication 60-2 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie, Modalités d'essais, section six. Les transformateurs de tension ou de puissance peuvent 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. 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 au conducteur de mise à la terre de l'appareillage à enveloppe isolante sauf que, pour les essais selon le paragraphe 24.2.1.2, l'enveloppe doit, en cas de nécessité, être isolée de la terre de telle façon que la tension entre une des parties sous tension et les pièces métalliques raccordées à ce conducteur n'excède pas la tension spécifiée dans le paragraphe 24.2.1.1.

24.2.1.2 *Across the isolating distance*

Each isolating distance of the main circuit shall be tested with the voltages indicated in columns 3 and 6 of Tables II or III.

In any disconnected position in which there is no earthed metallic shutter or partition between the fixed part and the withdrawable part, the voltage specified above shall be applied as follows:

- a) If the main circuit of the withdrawable part is accessible:
 - between the fixed and moving contacts intended to co-operate.
- b) If the main circuit of the withdrawable part is not accessible:
 - between the fixed contacts on one side and the fixed contacts on the other side, with the switching device of the withdrawable part in the closed position.

24.2.1.3 *Gaseous or liquid insulation*

If requirement *e)* of Sub-clause 17.1 is applicable, evidence shall be given of the required ability to withstand a power-frequency test of 150% of the rated voltage for 1 min.

During the test, the internal surface of the insulation enclosure facing parts of the main circuit is covered by an earthed metal foil or conducting cloth and the test voltage is applied between this and all parts of the main circuit connected together.

24.2.2 *Routine tests*

- a) If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is in essence an assembly of several components which individually have been subjected to appropriate routine tests, the tests according to this specification are limited in principle to a test of the interconnections and the insulation enclosure.

Such a test may be a short duration power-frequency voltage test according to Sub-clauses 24.2.1.1 and 24.4 with the test voltage indicated in column 5 of Tables II or III, but limited to an application of voltage in succession to the line (phase) conductors of the main circuit, with the continuity assured (e.g. by the closing of switching devices or otherwise).

- b) If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is an assembly of several components, which have not been tested individually, all the tests according to Sub-clause 24.2.1.1 shall be made.

24.3 *Lightning impulse voltage dry tests*

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests with 1.2/50 impulses in accordance with IEC Publication 60-2, High-voltage Test Techniques, Part 2, Test Procedures, Section Six. Voltage transformers or power transformers may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections.

Overvoltage protective devices shall be disconnected or removed. 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 earthing conductor of the insulation-enclosed switchgear and controlgear, except that during the tests according to Sub-clause 24.2.1.2, the earthing conductor of the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall, if necessary, be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and metal parts intended to be connected to this conductor will not exceed the voltage specified in Sub-clause 24.2.1.1.

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

Pour chaque essai, cinq chocs consécutifs doivent être appliqués. Si aucun contournement ni aucune perforation ne se produit, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai. Si une perforation ou au moins deux contournements se produisent, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai. Si un seul contournement se produit, dix chocs supplémentaires doivent être appliqués et c'est seulement si aucun contournement ou perforation ne se produit au cours de ces applications supplémentaires que l'appareillage sous enveloppe sera considéré comme ayant subi l'essai avec succès.

Notes 1. — Il peut être nécessaire, pour certains types de matériaux isolants, d'éliminer les charges résiduelles avant de commencer les essais avec la polarité opposée.

2. — Les méthodes d'essai pourront être révisées après achèvement du travail entrepris par les Comités compétents de la CEI.

24.4 *Essais de tension de courte durée à fréquence industrielle à sec*

L'appareillage sous enveloppe isolante doit être soumis à des essais de tension de 1 min à fréquence industrielle à sec comme spécifié ci-dessous. Les transformateurs de tension ou de puissance peuvent être remplacés par des maquettes reproduisant la répartition du champ dû aux connexions à haute tension. Les dispositifs de protection contre les surtensions peuvent être déconnectés ou enlevés.

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 $16\frac{2}{3}$ Hz et 75 Hz. Elle doit être mesurée conformément aux indications données dans la Publication 60-2 de la CEI.

Le circuit d'essai (transformateur muni d'un dispositif de réglage de la tension) doit avoir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A. Il est permis de vérifier l'amplitude de ce courant à environ un dixième de la tension spécifiée.

Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai doit être connectée à la terre et au conducteur de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante, sauf que pour l'essai selon le paragraphe 24.2.1.2 le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension doit être connecté à la terre et au conducteur de mise à la terre pour empêcher que la tension entre une des parties sous tension et les pièces métalliques raccordées au conducteur de mise à la terre n'excède la tension spécifiée dans le paragraphe 24.2.1.1.

Si tout cela est impossible, une borne du transformateur d'essai peut, avec l'accord du constructeur, être reliée à la terre et le conducteur de mise à la terre doit, si nécessaire, être isolé de la terre.

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 Publication 60 de la CEI). La tension d'essai spécifiée doit être maintenue pendant 1 min. Si un contournement ou une perforation se produit, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Note. — Les méthodes d'essai pourront être révisées après achèvement du travail entrepris par les Comités compétents de la CEI.

24.5 *Mesure des décharges partielles*

24.5.1 *Application*

La mesure des décharges partielles doit être effectuée sur tous les composants de l'appareillage dans lesquels les matériaux isolants organiques sont utilisés comme isolation principale, à condition que la valeur efficace de la contrainte diélectrique maximale soit égale ou supérieure à

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

During each test, five consecutive impulses shall be applied. If a flashover or puncture does not occur, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test. If puncture occurs or if two or more flashovers take place, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test. If only one flashover occurs, ten additional impulses shall be applied and only if flashover or puncture does not occur on any of these additional applications, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have passed the test successfully.

Notes 1. — It may be necessary for certain types of insulating material to eliminate residual charges before starting the tests with the opposite polarity.

2. — The test methods may be revised after completion of the work in progress in the relevant IEC Committees.

24.4 *Short duration power-frequency voltage dry tests*

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to 1 min power-frequency voltage dry tests as specified below. Voltage transformers or power transformers may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protective devices may be disconnected or removed.

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

The test source (transformer with voltage regulating device) shall have a short-circuit current of at least 0.2 A. It is permissible to check the magnitude of the current at about one-tenth of the specified voltage.

During the tests, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the earthing conductor of the insulation-enclosed switchgear and controlgear, except that during the tests according to Sub-clause 24.2.1.2, the mid-point or another intermediate point of the voltage source should be connected to earth and to the earthing conductor in order that the voltage appearing between any of the live parts and metal parts intended to be connected to the earthing conductor will not exceed the voltage specified in Sub-clause 24.2.1.1.

If this is not practicable, one terminal of the test transformer may, with the agreement of the manufacturer, be connected to earth and the earthing conductor shall, if necessary, be insulated from earth.

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 flashover or puncture occurs, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test.

Note. — The test methods may be revised after completion of the work in progress in the relevant IEC Committees.

24.5 *Measurement of partial discharges*

24.5.1 *Application*

The measurement of partial discharges shall be carried out on all components of the apparatus where organic insulating materials are used as major insulation, provided that the r.m.s. value of the maximum dielectric stress is equal to or higher than 1.5 kV/mm when connected to a

1,5 kV/mm. Cette valeur s'applique dans le cas où les composants sont reliés à une source de tension à fréquence industrielle (triphasee dans le cas d'un appareillage triphasé) dont la tension est égale à la tension nominale de l'appareillage, le point neutre de cette source étant mis à la terre.

Note. — Cet essai peut être effectué sur des ensembles ou sous-ensembles si les décharges n'affectant pas les isolants solides ont été éliminées.

24.5.2 *Circuit d'essai et dispositif de mesure*

Les circuits d'essai recommandés ainsi que les méthodes d'étalonnage sont indiqués dans la publication 270 de la CEI: Mesure des décharges partielles. Lorsqu'on dispose d'appareillage d'essai approprié, ces essais devraient être effectués selon un montage triphasé dans le cas d'un appareillage triphasé. Dans cette éventualité, le circuit principal est alimenté par une source triphasée dont le point neutre est à la terre, le conducteur de terre étant mis à la terre.

Si la mesure est effectuée avec une source monophasée, la contrainte diélectrique durant cette mesure doit, autant que possible, être équivalente à celle qui se produirait dans le montage triphasé précédemment décrit.

Il doit être donné la préférence au dispositif d'essai permettant d'évaluer les décharges individuelles. La grandeur mesurée est soit l'amplitude apparente q de la décharge en coulombs, soit le taux quadratique, en coulombs carrés par seconde. Il est possible d'utiliser des appareils mesurant d'autres grandeurs après accord entre l'utilisateur et le constructeur et, pour l'essai individuel, quand une corrélation effective avec les résultats obtenus par l'essai de type est établie.

Les éléments des circuits d'essai et le détecteur devraient être choisis de façon que la valeur du niveau de décharge minimale ne soit pas plus grande que 5×10^{-12} C, pour la mesure de l'amplitude apparente de la décharge, ou plus grande que 10^{-20} C²/s pour la mesure du taux quadratique.

24.5.3 *Processus d'essai*

La tension à fréquence industrielle est élevée approximativement à $1,7 U_m$ et maintenue à cette valeur pendant au moins 10 s.

La tension est abaissée jusqu'à $1,1 U_m$ et les décharges partielles sont évaluées à cette tension.

Note. — Lorsque l'essai est exécuté avec une source monophasée, U_m est égale, pour la tension entre phase et terre, à la tension nominale divisée par 1,7, et pour la tension entre phases, à la tension nominale.

Lorsque l'essai est exécuté avec une source triphasée, U_m est égale à la tension nominale.

24.5.4 *Valeurs provisoires pour le niveau de décharge maximal admissible*

Les valeurs maximales admissibles pour les décharges partielles à $1,1 U_m$ sont indiquées dans le tableau ci-dessous provisoirement à titre d'indication.

Type de matériau	Amplitude des décharges partielles (C)	Taux quadratique (C ² /s)
Papier enduit de résine	100×10^{-12}	10^{-18}
Papier imprégné de résine et isolation moulée	20×10^{-12}	5×10^{-20}

La relation entre les valeurs représentant les amplitudes des décharges partielles et celles du taux quadratique est seulement approximative et dépend du type de matériau.

supply (three-phase in the case of three-phase switchgear and controlgear) of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the switchgear and controlgear, the neutral point of the supply being at earth potential.

Note. — This test may be carried out on assemblies or sub-assemblies provided that discharges not affecting the solid insulation are eliminated.

24.5.2 Test circuit and measuring device

The test circuits recommended and methods of calibration are given in IEC Publication 270, Partial Discharge Measurements. When suitable test equipment is available, these tests should be carried out in a three-phase arrangement in the case of three-phase switchgear and controlgear. In this event, a three-phase earthed neutral supply is used to energize the main circuit, the earthing conductor being earthed.

If the measurement is made with a single-phase supply, the dielectric stresses during the measurement shall, as far as possible, be representative of those which would occur in the three-phase arrangement described previously.

A measuring device which enables an evaluation of the individual discharges to be made is preferred. The quantity measured is either the apparent discharge magnitude q , in coulombs, or the quadratic rate, in coulombs squared per second. Instruments measuring other quantities may be used after agreement between user and manufacturer, and for routine test, when proper correlation with the test results from the type test is established.

The components of the test circuits and the detector should be chosen so that the value of the minimum measurable discharge level shall be not greater than 5×10^{-12} C when measuring the apparent discharge magnitude or not greater than 10^{-20} C²/s when measuring the quadratic rate.

24.5.3 Test procedure

The applied power-frequency voltage is raised to approximately $1.7 U_m$ and maintained for at least 10 s at that voltage.

The voltage is decreased to $1.1 U_m$ and the partial discharges are evaluated at that voltage.

Note. — When the test is made with a single-phase supply, for the voltage between phase and earthed parts, U_m is equal to the rated voltage divided by 1.7, and for the voltage between phases, U_m is equal to the rated voltage.

When the test is made with a three-phase supply, U_m is equal to the rated voltage.

24.5.4 Provisional guidance for maximum permissible discharge level

The maximum permissible partial discharge quantities at $1.1 U_m$ are given in the table below provisionally for guidance.

Type of material	Partial discharge magnitude (C)	Quadratic rate (C ² /s)
Resin-bonded paper	100×10^{-12}	10^{-18}
Resin-impregnated paper and cast insulation	20×10^{-12}	5×10^{-20}

The relationship between the values of partial discharge magnitude and the value of quadratic rate is only an approximate one and depends on the type of material.

24.6 *Essai de stabilité thermique*

Le constructeur doit fournir une preuve de l'aptitude de son matériel à subir un essai de stabilité thermique. Cette preuve peut être fournie sous la forme d'essais effectués sur des configurations comparables, à partir des propriétés des matériaux utilisés (pertes diélectriques en fonction de la température) ou en effectuant l'essai spécifié sur l'ensemble de l'appareil ou une partie représentative de ce dernier.

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.

L'essai de stabilité thermique consiste en un essai de tension à sec à fréquence industrielle de 100 h, à une tension égale à 180% de la tension nominale, à une température atteinte au cours d'un essai d'échauffement conformément à l'article 25 et à une température ambiante de 40 °C.

Le circuit principal doit être alimenté par une source mise à la terre, en utilisant une source triphasée avec neutre à la terre dans le cas d'un appareil triphasé. Le conducteur de terre et toutes les parties métalliques destinées à être mises à la terre doivent être reliées à la terre.

Si une perforation ou un contournement se produit, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Note. — L'essai peut être effectué, indépendamment de l'essai d'échauffement, à une température égale à l'échauffement maximal mesuré au cours d'un essai d'échauffement augmenté de 40 °C.

24.7 *Essais de tension des circuits auxiliaires*

Tous les circuits auxiliaires de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être soumis à des essais de tenue à tension à fréquence industrielle pendant 1 min entre toutes les parties sous tension des circuits auxiliaires et les parties métalliques à la terre. Pour simplifier les essais, les parties sous tension des circuits auxiliaires peuvent être connectées entre elles.

Pour les circuits auxiliaires, la valeur efficace de la tension d'essai doit être égale à deux fois leur tension nominale plus 1 000 V, avec un minimum de 1 500 V, à l'exception des circuits connectés aux bornes secondaires des transformateurs de courant pour lesquels la tension d'essai doit être de 2 000 V.

Si une perforation ou un contournement se produit, les circuits auxiliaires de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être considérés comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires devrait 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 de 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.

25. **Essais d'échauffement**

25.1 *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.

24.6 *Thermal stability test*

The manufacturer shall provide evidence that the design is capable of passing a thermal stability test. This evidence can be given on the basis of tests on comparable configurations, on the basis of properties (dielectric losses as function of the temperature) of the materials used or by carrying out the test specified on the whole assembly or a representative part of it.

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

The thermal stability test consists of a 100 h power frequency voltage dry test with a voltage of 180% of the rated voltage at a temperature reached during a temperature-rise test according to Clause 25 at an ambient air temperature of 40 °C.

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

If puncture or flashover occurs, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test.

Note. — The test may be carried out separately from the temperature-rise test at a temperature equal to the highest temperature rise measured during a temperature-rise test increased by 40 °C.

24.7 *Voltage tests on auxiliary circuits*

All auxiliary circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to 1 min power-frequency voltage tests between all live parts of the auxiliary circuits and earthed metal parts. The live parts of the auxiliary circuits may be interconnected to simplify the test.

For auxiliary circuits, the r.m.s. value of the test voltage shall be equal to twice their rated voltage plus 1 000 V with a minimum of 1 500 V, except that for circuits connected to the secondaries of current transformers, the test voltage shall be 2 000 V.

If puncture or flashover occurs, the auxiliary circuits of the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have failed the test.

Normally the test voltage for motors and other equipment used in auxiliary 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.

25. **Temperature-rise tests**

25.1 *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.

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.

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. La fréquence du courant doit être égale à la fréquence nominale avec une tolérance de —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 h). 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 un courant produisant les pertes prévues pour les conditions nominales. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut pas être effectué dans les conditions nominales.

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 spécifications dont ils relèvent, sinon l'ensemble ou le sous-ensemble doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

25.2 *Mesure de la température*

La température des différentes parties doit être mesurée avec des thermomètres ou des thermocouples de type convenable, placés aux points les plus chauds accessibles. La température des matériels doit être mesurée selon leurs spécifications 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) une bonne conductivité thermique entre le thermomètre, ou le thermocouple, et la surface de la partie en essai doit être assurée.

25.3 *Température de l'air ambiant*

La température de l'air ambiant 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 isolante 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 isolante. 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 h. 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 isolante 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 isolante supplémentaire ne doit pas être soumise à des radiations calorifiques intempestives.

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 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.

The tests shall be made with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the length of busbars to the terminals provided for the connection of cables. The frequency of the current shall be the rated frequency with a tolerance of —5%.

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 h). 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 losses corresponding to the rated conditions. It is admissible to simulate equivalent conditions by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be made under rated conditions.

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 specifications. Otherwise the assembly or sub-assembly shall be considered to have failed the test.

25.2 *Measurement of temperature*

The temperature of the different parts shall be measured with thermometers or thermocouples of any suitable type, placed at the hottest accessible spots. The temperature of components shall be measured according to the specifications 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 heat conductivity between the thermometer, or thermocouple, and the surface of the part under test shall be ensured.

25.3 *Ambient air temperature*

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers or thermocouples, equally distributed around the insulation-enclosed switchgear and controlgear at about the average height of the current-carrying parts of the main circuit and at a distance of about 1 m from the insulation-enclosed switchgear and controlgear. The thermometers shall be protected against air currents and heat radiation. In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers can be put into small oil-filled cans with oil contents 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 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions in the test room, the temperature of an identical piece of insulation-enclosed switchgear and controlgear under the same ambient conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional piece of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall not be subjected to undue heat radiation.

26. Essais des circuits principaux au courant de courte durée

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée 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 isolante avec toutes les parties qui peuvent influencer leur tenue ou modifier le courant de court-circuit (par exemple bobines de réactance) et en tenant compte des spécifications dont relèvent les appareils de connexion principaux inclus dans les circuits considérés.

Les connexions courtes et directes entre les circuits à grand courant de court-circuit et les dispositifs de limitation du courant de court-circuit peuvent être essayées avec un courant de court-circuit réduit à condition qu'elles se trouvent dans le même compartiment que les dispositifs de limitation du courant.

Pendant ces essais, il y a lieu de veiller à ce qu'aucun dispositif de protection ne fonctionne, à l'exception de tout dispositif de protection destiné à limiter le courant de court-circuit. Les coupe-circuit éventuels seront munis des éléments de remplacement ayant le plus grand courant nominal spécifié.

A la suite des essais, aucune déformation ni détérioration des matériels ou des conducteurs nuisibles au bon fonctionnement ne doit être constatée et en particulier les propriétés isolantes de l'enveloppe doivent demeurer intactes.

Il peut être possible de détecter la présence de fissures dans les éléments constitutifs noyés dans l'isolant en effectuant un essai de décharges partielles (voir paragraphe 24.5).

27. Essais des circuits principaux de mise à la terre au courant de courte durée

Les circuits principaux de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante doivent être soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée 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 isolante avec toutes les parties qui peuvent influencer leur tenue ou modifier le courant de court-circuit.

S'il existe des parties amovibles dont certains éléments sont eux-mêmes mis à la terre, les essais doivent également être effectués sur leurs connexions de terre.

Après les essais, on ne doit pas constater de discontinuité des circuits principaux de mise à la terre.

28. Vérification des courants établi et coupé

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

Note. — Lors de l'examen des parties susceptibles d'influencer le fonctionnement, l'attention doit être particulièrement portée sur les forces mécaniques dues au court-circuit, sur l'échappement des gaz ou particules produit 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.

29. Essais de fonctionnement mécanique

Les appareils de connexion doivent être manœuvrés et les parties amovibles embrochées et débrochées de façon à vérifier le fonctionnement des verrouillages mécaniques associés à ces mouvements: 50 fois pour l'essai de type et cinq fois pour l'essai individuel. Pendant ces essais, on ne doit se livrer à aucune intervention sur les appareils ou les verrouillages.

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

Main circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear with all associated parts influencing the performance or the short-circuit current, e.g. reactors, and according to the specifications for the principal switching devices included in the circuits.

Short and direct connections between circuits having a high short-circuit current and current-limiting devices may be tested with a reduced short-circuit current provided they are located in the same compartment as the current-limiting device.

During these tests, it is necessary to ensure that no protective device operates, with the exception of any protective device provided in order to limit the short-circuit current. Fuses, if any, shall be provided with fuse-links having the maximum rated current specified.

After the tests, no deformation or damage to the components or conductors which may impair good operation, shall be apparent and especially the insulating properties of the enclosure shall be unimpaired.

It may be possible to detect the presence of cracks in the insulation of insulation-embedded components by performing a partial discharge test (see Sub-clause 24.5).

27. **Short-time current tests on main earthing circuits**

Main earthing circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear 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 insulation-enclosed switchgear and controlgear with all associated parts influencing the performance or the short-circuit current.

In the case of removable parts with earthed parts, their earth connections shall also be tested.

After the test, there shall be no discontinuity of the main earthing circuits.

28. **Verification of making and breaking currents**

Switching devices forming part of the main circuit of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their rated making and breaking currents according to the relevant specification and under the proper conditions of installation and use, i.e. they shall be tested when installed in the insulation-enclosed switchgear and controlgear with all the associated parts which may influence the performance, such as the arrangement 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 due to the short-circuit, to the venting of arc products, to the possibility of dielectric breakdown, etc. It is recognized that, in some cases, such influence may be quite negligible.

29. **Mechanical operation tests**

Switching devices shall be operated and removable parts inserted and withdrawn in order to verify the efficiency of the mechanical interlocks associated with such movements: 50 times for type tests and five times for routine tests. During these tests, no adjustments shall be made to the switching devices or the interlocks.

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.

30. Vérification des degrés de protection

30.1 Protection des personnes contre l'approche dangereuse des pièces sous tension ou en mouvement

Il doit être vérifié que l'instrument d'essai du tableau V, lorsqu'il est mis à la terre, ne peut pas être placé dans une position telle que la rigidité diélectrique du circuit principal soit abaissée au-dessous du niveau d'isolement nominal et qu'il ne peut pas entrer en contact avec des pièces en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe.

Dans le cas du chiffre caractéristique IPH 6, l'enveloppe externe ne doit présenter aucun interstice.

L'essai n'est nécessaire qu'en cas de doute sur l'observation de ces conditions.

TABLEAU V

Chiffre caractéristique	Instrument d'essai
IPH 2	Doigt d'épreuve métallique normal selon la figure 1, page 66
IPH 3	Fil d'acier rectiligne de 2,5 mm de diamètre
IPH 6	Néant

30.2 Protection des personnes contre les effets électriques dangereux

30.2.1 Les conditions prévues pour la protection de classe A sont données dans les paragraphes 17.1 a), b) et c); les conditions des paragraphes 17.1 b) et c) sont vérifiées conformément aux paragraphes 24.2.1.1 et 30.2.3.

30.2.2 Les conditions prévues pour la protection de classe B sont données dans les paragraphes 17.1 d) et e); la condition du paragraphe 17.1 e) est vérifiée conformément au paragraphe 24.2.1.3.

30.2.3 Pour vérifier la conformité avec la condition b) du paragraphe 17.1, le circuit principal de l'appareillage sous enveloppe isolante doit, au choix du constructeur, être connecté soit à une source triphasée dont la tension à fréquence industrielle est égale à la tension nominale de l'appareillage, soit à une source monophasée de tension égale à la tension nominale, les parties sous tension du circuit principal étant connectées ensemble. L'essai peut également être effectué sur des sous-ensembles.

Un feuillet métallique doit être placé dans la position la plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'enveloppe isolante. En cas de doute sur la position la plus défavorable, le test doit être recommencé pour différentes positions.

La surface de ce feuillet, approximativement circulaire ou carrée, doit être aussi grande que possible, mais ne pas excéder 100 cm². Le feuillet métallique et le conducteur de terre de l'appareillage de connexion doivent être mis à la terre.

Le courant s'écoulant à la terre par le feuillet métallique doit être mesuré, le feuillet se trouvant dans la position la moins favorable pour l'essai.

Pour les essais triphasés, trois essais doivent être effectués en reliant successivement les différentes phases de la source à la terre. Dans le cas d'essais monophasés, un seul test est nécessaire.

Note. — Pour vérifier la conformité avec les conditions fixées pour les courants de fuite à l'article 18, la tension d'essai (monophasée ou triphasée) est appliquée à l'un des côtés du sectionneur, l'autre côté étant mis à la terre à travers un instrument de mesure.

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

30. Verification of the degrees of protection

30.1 Protection of persons against hazardous approach to live parts and moving parts

It shall be verified that the instrument of test according to Table V cannot be applied in such a manner that, if of earthed metal, it can cause a lowering of the dielectric strength of the main circuit below the rated insulation level, nor that it can touch moving parts inside the enclosure.

In the case of characteristic numeral IPH 6 being specified, there shall be no gaps in the external enclosure.

A test shall only be made if there is any doubt as to whether the requirements are met.

TABLE V

Characteristic numeral	Instrument of test
IPH 2	Standard metallic test finger as shown in Figure 1, page 66
IPH 3	Straight steel wire of 2.5 mm diameter
IPH 6	Nil

30.2 Protection of persons against dangerous electrical effects

30.2.1 The requirements for protection grade A are given in Sub-clauses 17.1 a), b) and c); those in Sub-clauses 17.1 b) and c) are verified according to Sub-clauses 24.2.1.1 and 30.2.3.

30.2.2 The requirements for protection grade B are given in Sub-clauses 17.1 d) and e); that in Sub-clause 17.1 e) is verified according to Sub-clause 24.2.1.3.

30.2.3 To check compliance with requirement b) of Sub-clause 17.1, the main circuit of the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall, at the discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage of the switchgear and controlgear, or to a single phase supply of a voltage equal to the rated voltage, the live parts of the main circuit being connected together. The tests may be made also on sub-assemblies.

A metal foil shall be placed in the most unfavourable position for the test on the accessible surface of the insulation enclosure. In case of doubt which is the most unfavourable position, the test shall be repeated for different positions.

The metal foil shall be approximately circular or square, and shall have an area as large as possible, but not exceeding 100 cm². The metal foil and the earthing conductor of the switchgear shall be earthed.

The current to earth through the metal foil shall be measured in the most unfavourable position of the foil for the test.

For three-phase tests, three tests shall be made with the different phases of the supply successively connected to earth. In the case of single-phase tests, one test only is required.

Note. — To verify compliance with the conditions of leakage currents of Clause 18, the test voltage (single-phase or three-phase) is applied to one side of the disconnector, the other side being earthed through a measuring instrument.

Le courant de fuite doit être mesuré dans des conditions présentant des phénomènes de condensation sur les surfaces de l'isolation après les essais de vieillissement et d'humidité conformément à l'article 31. Les annexes donnent des méthodes d'essai provisoires, le choix de la méthode restant à l'étude.

Si la valeur du courant mesurée est supérieure à 0,5 mA, l'enveloppe isolante ne fournit pas une classe de protection prévue par la présente recommandation.

La mesure des courants de fuite n'est pas nécessaire si l'une des conditions suivantes est remplie :

- des parties mises à la terre et disposées de manière appropriée permettent d'assurer que les courants de fuite ne peuvent atteindre aucune des parties de l'enveloppe.
- un espace gazeux, de rigidité diélectrique suffisante pour supporter une tension égale à 150% de la tension nominale, est disposé entre les parties du circuit principal et les parties de la surface de l'enveloppe leur faisant face.

Note. — La deuxième condition, par sa nature, ne s'applique qu'à des parties de l'enveloppe; il est essentiel que le reste de l'enveloppe respecte la première condition pour être dispensé de la mesure des courants de fuite.

30.3 *Essai de résistance mécanique*

La spécification du paragraphe 15.3 c) doit être vérifiée par un essai au choc mécanique pendant lequel sont appliqués des chocs aux endroits de l'enveloppe présumés les plus faibles. Trois chocs sont appliqués en chacun des points essayés.

Sauf avis contraire après entente entre le constructeur et l'utilisateur, les chocs appliqués doivent être de 1 Nm.

La tête du marteau servant à exercer les chocs doit avoir une partie hémisphérique, de 10 mm de rayon, faite en polyamide ayant une dureté Rockwell de R 100. L'emploi d'un appareil d'essai de choc actionné par un ressort, comme celui représenté sur la figure 2, page 66, est recommandé.

Après l'essai, l'enveloppe ne doit présenter aucune fissure. On peut négliger les dommages superficiels.

31. **Essais de vieillissement et à l'humidité**

Les méthodes d'essai sont à l'étude. Provisoirement, différentes méthodes sont données à titre indicatif en annexes. Il est envisagé de garder finalement, si possible, une seule méthode d'essai.

32. **Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques**

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, ainsi que les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée, doivent être essayés cinq fois de suite suivant cette séquence, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, et pour les valeurs limites les plus défavorables de la source auxiliaire. La tension d'alimentation peut être comprise entre 85% et 110% de la tension nominale. La pression d'alimentation pneumatique peut être comprise entre 90% et 110% de la valeur nominale. Pendant l'essai, on ne doit effectuer aucune intervention.

Note. — Les valeurs nominales des tensions d'alimentation sont à l'étude. Les limites en pour-cent seront éventuellement modifiées lorsque les valeurs nominales seront fixées.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont encore en état de fonctionner après les essais et si la dépense d'énergie nécessaire à leur manœuvre est pratiquement la même avant et après les essais.

33. **Contrôle de la filerie**

On doit vérifier que la filerie est conforme au schéma des connexions intérieures et aux spécifications de référence.

The leakage current shall be measured in conditions representing condensation precipitated on insulation surfaces after the ageing and humidity tests according to Clause 31. The appendices give tentative test methods, the choice of method remaining under consideration.

If the value of the current measured is more than 0.5 mA, the insulation enclosure does not provide a protection grade included in this recommendation.

The measuring of leakage currents is not necessary if one of the following requirements is met:

- it is ensured by earthed parts arranged in an appropriate manner, that leakage currents cannot reach the accessible parts of the enclosure;
- a gas gap of a dielectric strength sufficient to withstand 150% of the rated voltage is arranged between parts of the main circuit and the parts of the surface of the enclosure facing them.

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

30.3 *Mechanical strength test*

The requirement of Sub-clause 15.3 c) is verified by an impact test during which blows are applied to the points of the enclosure that are likely to be weak. Three blows are applied to every point being checked.

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

The hammer head with which the impacts are applied has a hemispherical face with a radius of 10 mm of polyamide having a Rockwell hardness of R 100. The use of a spring-operated impact-test apparatus as shown in Figure 2, page 66, is recommended.

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

31. **Ageing and humidity tests**

The test methods are under consideration. Provisionally, different methods are given as a guidance in the appendices. It is intended to retain finally, if possible, only one test method.

32. **Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices**

The electrical, pneumatic and other interlocks, together with control devices having a pre-determined sequence of operation, shall be tested five times in succession with such sequence in the established conditions of use and operation and with the most unfavourable limit values of the auxiliary supplier. The supply voltage may vary between 85% and 110% of its rated value, the pressure of the pneumatic supply may vary between 90% and 110% of its rated value. During the test, no adjustment shall be made.

Note. — The rated values of the auxiliary voltage are under consideration. The percentage limits may be changed when the rated values are determined.

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

33. **Check of wiring**

It shall be verified that the wiring conforms with both the wiring diagram and the prescribed requirements.

ANNEXE A

ESSAIS DE VIEILLISSEMENT ET À L'HUMIDITÉ

Les essais suivants sont effectués après l'essai de stabilité thermique et la vérification des classes de protection (voir figure 3, page 67).

A1. Cycles de chaleur humide

L'appareillage sous enveloppe isolante doit être porté à sa tension nominale, dans une enceinte thermique où l'humidité relative est à demeure supérieure à 80%. Le neutre du transformateur d'alimentation doit être mis à la terre. Si cela est possible, les parties métalliques de l'appareillage, normalement mises à la terre, doivent être réunies au neutre du transformateur.

Le cycle suivant doit être effectué:

- 20 min à 30 °C, sous une humidité relative $\geq 80\%$,
- passage de 30 °C à 50 °C en 40 min, sous une humidité relative $\geq 95\%$,
- 20 min à 50 °C, sous une humidité relative $\geq 95\%$,
- passage de 50 °C à 30 °C en 40 min, sous une humidité relative $\geq 80\%$.

Le nombre de cycles à effectuer doit être de 500. Pendant l'essai, il ne doit apparaître ni contournement, ni perforation.

A2. Contrôle des caractéristiques électriques après les cycles de chaleur humide

A2.1 Essai diélectrique sous condensation

L'essai suivant doit être effectué à une tension U_e dont la valeur doit être déterminée par le constructeur et l'utilisateur d'un commun accord.

Après l'essai de chaleur humide, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être soumis, dans la même enceinte, à l'essai suivant:

Une tension monophasée doit être appliquée sur une phase, les deux autres étant réunies ensemble à la terre. Si cela est possible, les parties métalliques de l'appareillage sont également reliées à la terre. Dans ces conditions, l'appareillage sous enveloppe isolante doit être soumis à 5 ou 10 cycles supplémentaires de chaleur humide décrits plus haut. Pendant l'un des cycles suivants, un essai diélectrique doit être effectué de la façon suivante:

- deux montées en tension de la tension monophasée jusqu'à la valeur spécifiée U_e pendant 15 s après 10 min et 20 min du palier bas de température (30 °C).
- deux montées en tension de la tension monophasée jusqu'à la valeur spécifiée U_e pendant 15 s après 10 min et 20 min du palier haut de température (50 °C).

Pendant cet essai, il ne doit apparaître ni contournement ni perforation.

L'essai doit être répété successivement sur les deux autres phases.

A2.2 Mesures des courants de fuite

Deux mesures des courants de fuite doivent être effectuées, comme il est indiqué au paragraphe 30.2.3, après l'essai de chaleur humide. Ces mesures doivent être effectuées tout de suite après l'essai de chaleur humide décrit ci-dessus, après 10 min et 20 min du palier bas de température ainsi qu'après 10 min et 20 min du palier haut de température.

APPENDIX A

AGEING AND HUMIDITY TESTS

The following tests are made after the thermal stability test and verification of the grades of protection (see Figure 3, page 67).

A1. Damp heat cycles

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be energized at its rated voltage, in a temperature-controlled test chamber, with a relative humidity which is constantly above 80%. The neutral of the transformer supply shall be connected to earth. If applicable, the metallic parts of the switchgear and controlgear normally connected to earth shall be connected to the neutral of the supply transformer.

The following cycle shall be conducted:

- 20 min at 30 °C, with a relative humidity $\geq 80\%$,
- raise from 30 °C to 50 °C in 40 min, with a relative humidity $\geq 95\%$,
- 20 min at 50 °C, with a relative humidity $\geq 95\%$,
- reduce from 50 °C to 30 °C in 40 min, with a relative humidity $\geq 80\%$.

The number of cycles shall be 500. During the test, neither flashover nor puncture shall occur.

A2. Check of electrical characteristics after damp heat cycles

A2.1 Dielectric test under condensation

The following test shall be made at a voltage value U_e , subject to agreement between manufacturer and user.

After the damp heat test, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected, in the same test chamber, to the following test:

A single-phase voltage shall be applied to one phase, the other two being connected together and to earth. If applicable, the metallic parts of the switchgear and controlgear are also connected to earth. In these conditions, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to 5 or 10 supplementary damp heat cycles as described above. During one of the following cycles, a dielectric test shall be carried out as follows:

- two tests during which the voltage is raised from phase voltage to a voltage of specified value U_e over 15 s, the first test after 10 min and the second after 20 min at the low temperature level (30 °C).
- two tests during which the voltage is raised from the phase voltage to earth to a voltage of specified value U_e over 15 s, the first test after 10 min and the second test after 20 min at the high temperature level (50 °C).

During this test, neither flashover nor puncture shall occur.

The test shall be repeated successively on the other two phases.

A2.2 Measurements of leakage currents

Two measurements of leakage currents shall be made as indicated in Sub-clause 30.2.3, after the damp heat test. These measurements shall be carried out, at the end of the damp heat test described previously, after 10 min and after 20 min at the low temperature level, and after 10 min and after 20 min at the high temperature level.

A2.3 *Mesures des décharges partielles*

Ces mesures doivent être conformes au paragraphe 24.5.

Une mesure des décharges partielles doit être effectuée successivement entre chaque phase et les deux autres ensemble mises à la terre avec les parties métalliques de l'appareillage si cela est possible.

La tension appliquée est réduite de $1,7 U_m$ (U_m = tension nominale) à $1,1 U_m$, les mesures de décharges partielles doivent être effectuées à cette dernière valeur. Pour cette tension, le niveau des décharges partielles doit être inférieur à $10^{-20} \text{ C}^2/\text{s}$.

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60466:1974

A2.3 *Measurements of partial discharges*

These measurements shall be in accordance with Sub-clause 24.5.

The measurements of partial discharges will be made successively between each phase and the other two connected together to earth and to metallic parts of the assembly if applicable.

The voltage applied is reduced from $1.7 U_m$ (U_m = rated voltage) to $1.1 U_m$; the measurements of partial discharges shall be made at this voltage value. For this voltage value, the level of partial discharges shall be less than $10^{-20} \text{ C}^2/\text{s}$.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60466:1974

ANNEXE B

ESSAI À L'HUMIDITÉ

Introduction

L'essai décrit ci-après n'est pas un essai de vieillissement car il ne permet pas de faire, avec une sécurité suffisante, une distinction entre une isolation fiable et une isolation non fiable.

Un programme d'essai plus important est nécessaire pour sélectionner les matériaux convenant à l'appareillage haute tension. Le but de cet essai à l'humidité est de vérifier la sécurité de l'enveloppe isolante dans des conditions pouvant exister en service et comprenant des phénomènes de condensation.

La tension nominale est appliquée à l'ensemble pendant toute la durée de l'essai pour éviter l'influence possible de l'ionisation sur les surfaces isolantes pendant les périodes d'humidification et de séchage. L'influence du courant de charge est négligée. Toutefois, l'effet thermique diminue la probabilité d'apparition d'une condensation.

Le critère permettant de décider du succès d'un essai est la valeur du courant de fuite telle qu'elle est prescrite au paragraphe 30.2.3.

Essai à l'humidité (essai de condensation)

L'ensemble ou le sous-ensemble doit être placé dans une enceinte dont la partie inférieure est recouverte par de l'eau. La température à l'intérieur de l'enceinte ne doit pas être supérieure à 35 °C et peut, à volonté, subir des variations de 8 °C. Pendant l'essai, il ne doit y avoir aucun mouvement d'air dirigé de l'extérieur vers l'intérieur de l'enveloppe et vice versa. En maintenant constante la température de l'eau à une valeur intermédiaire comprise entre les valeurs maximales et minimales possibles de la température de l'air, on provoque tour à tour la condensation ou le séchage. Le volume maximal de l'appareillage peut atteindre 10% du volume utile de l'enceinte. Le cycle suivant doit être effectué (voir figure 4, page 68).

La température de l'air est ajustée à la valeur $T_{\min}$ et maintenue constante pendant une durée $2\tau + 3$ h. La valeur $T_{\min}$ est de 25 °C environ, mais ne doit pas dépasser 27 °C. τ représente la constante de temps thermique du composant enrobé d'isolant le plus grand, déterminée par exemple à partir de la baisse de température du conducteur en cuivre à l'issue d'un essai d'échauffement.

La température de l'air est ensuite augmentée de $7,5 \pm 0,5$ °C en 1,5 h. Ce niveau atteint, la température de l'air est alors maintenue constante pendant une durée égale à $2\tau + 3$ h, après quoi elle est ramenée à sa valeur initiale en 0,5 h environ.

La température de l'eau est maintenant constante à une valeur $(T_{\min} + 5 \text{ °C}) \pm 1 \text{ °C}$.

La durée totale de l'essai est de 30 jours.

Pendant l'essai, il est appliqué à l'appareillage une tension égale à la tension nominale dans des conditions identiques à celles rencontrées en service normal. Les sectionneurs et dispositifs équivalents sont en position ouverte, l'un de leurs côtés étant mis à la terre.

Pendant le dernier cycle de l'essai, on relève le courant de fuite conformément au paragraphe 30.2.3.

Dispositif d'essai

La figure 5, page 68, donne un exemple de disposition d'essai dans lequel l'essai à l'humidité peut être effectué d'une manière simple. La disposition représente une installation dans une salle dont la température est normalement comprise entre 18 °C et 22 °C.

Il est une enveloppe faite d'une simple feuille de plastique autorisant une dissipation thermique suffisante pour refroidir l'air intérieur de 7,5 °C en 0,5 h sans que $T_{\min}$ ne dépasse 27 °C.

APPENDIX B

HUMIDITY TEST

Introduction

The test described hereafter is not an ageing test as it is not possible with this test to distinguish reliable from unreliable insulation with sufficient certainty.

A much more extended test programme is required to select material for high-voltage switchgear and controlgear. The aim of this humidity test is to check the safety of the insulation enclosure under conditions that may occur in service and it includes condensation.

The possible influence of ionization on insulation surfaces during moistening and drying is taken care of by applying the rated voltage to the assembly during the whole test period. The influence of the load current is neglected. The thermal effect, however, lowers the probability of the occurrence of condensation.

The criterion for a successful test is the value of the leakage current as prescribed in Sub-clause 30.2.3.

Humidity test (condensation test)

The assembly or sub-assembly shall be placed in a test chamber with water covering the bottom. In this chamber, the air temperature can be varied 8°C and shall not exceed 35°C . During the test, there shall be no transfer of air from outside the envelope to the inside or vice versa. By keeping the water temperature constant at an intermediate value of the varying air temperature, in turn condensation and drying will occur. The maximum volume of the assembly may amount to 10% of the volume of the test chamber. The following cycle shall be carried out (see Figure 4, page 68).

The air temperature is adjusted to a value $T_{\min}$ and is kept constant for a time $2\tau + 3$ h. The value of $T_{\min}$ is about 25°C but shall not exceed 27°C . τ is the thermal time constant of the largest insulation embedded component determined for instance from the temperature drop of the copper conductor at the end of a temperature-rise test.

Then the air temperature is increased by $7.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ in 1.5 h. At this level, the temperature is kept constant during a time $2\tau + 3$ h, whereafter the air temperature is reduced to the initial value in approximately 0.5 h.

The water temperature is kept constant at a value of $(T_{\min} + 5^{\circ}\text{C}) \pm 1^{\circ}\text{C}$.

The total duration of the test is 30 days.

During the test, a voltage equal to the rated voltage is applied to the assembly as in normal service. Disconnectors and the like are in the open position, one side being earthed.

During the last cycle of the test, the leakage current is determined in accordance with Sub-clause 30.2.3.

Test arrangement

Figure 5, page 68, shows an example of an arrangement in which these humidity tests can be carried out in a simple manner. The arrangement simulates an installation in a room where the temperature is normally between 18°C and 22°C .

E is an envelope consisting of a single plastic sheet to allow for sufficient heat dissipation to cool the air inside by 7.5°C in 0.5 h without $T_{\min}$ exceeding 27°C .