NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60466

Deuxième édition
Second edition
1987

Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 38 kV

A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60466: 1987

Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
  Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
  On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates
  (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60466

Deuxième édition
Second edition
1987

Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 38 kV

A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV

© IEC 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE X

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

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 6

PRÉFACE 6

Articles

1. Domaine d'application 10
2. Conditions normales et spéciales de service 10
3. Définitions 10
4. Caractéristiques assignées 16
   - 4.1 Tension assignée 18
   - 4.2 Niveau d'isolement assigné 18
   - 4.3 Fréquence assignée 18
   - 4.4 Courant assigné en service continu et échauffement 18
   - 4.5 Courant de courte durée admissible assigné 18
   - 4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné 20
   - 4.7 Durée de court-circuit assignée 20
   - 4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires 20
   - 4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires 20
   - 4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre 20
5. Conception et construction 20
   - 5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage 20
   - 5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage 22
   - 5.3 Mise à la terre 22
   - 5.4 Equipements auxiliaires 22
   - 5.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure 22
   - 5.6 Fermeture à accumulation d'énergie 22
   - 5.7 Fonctionnement des déclencheurs 22
   - 5.8 Verrouillages à basse et à haute pression 22
   - 5.9 Plaques signalétiques 24
   - 5.101 Degré de protection 24
   - 5.102 Défaut interne 26
   - 5.103 Enveloppe isolante 26
   - 5.104 Volets 30
   - 5.105 Sectionneurs et sectionneurs de terre 32
   - 5.106 Verrouillages 32
   - 5.107 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles 34
6. Essais de type 34
   - 6.1 Essais diélectriques 36
   - 6.2 Essais de tension de perturbation radioélectrique 50
   - 6.3 Essais d'échauffement 50
   - 6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal 50
   - 6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles 50
   - 6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure 52
   - 6.102 Essais de fonctionnement mécanique 52
   - 6.103 Vérification du degré de protection 54

CONTENTS

Page

FOREWORD 7

PREFACE 7

Clause

1. Scope 11
2. Normal and special service conditions 11
3. Definitions 11
4. Rating 17
   - 4.1 Rated voltage 19
   - 4.2 Rated insulation level 19
   - 4.3 Rated frequency 19
   - 4.4 Rated normal current and temperature rise 19
   - 4.5 Rated short-time withstand current 19
   - 4.6 Rated peak withstand current 21
   - 4.7 Rated duration of short-circuit 21
   - 4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits 21
   - 4.9 Rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits 21
   - 4.10 Rated pressure of compressed gas supply for operation 21
5. Design and construction 21
   - 5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear 21
   - 5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear 23
   - 5.3 Earthing 23
   - 5.4 Auxiliary equipment 23
   - 5.5 Dependent power closing 23
   - 5.6 Stored energy closing 23
   - 5.7 Operation of releases 23
   - 5.8 Low and high pressure interlocking devices 23
   - 5.9 Nameplates 25
   - 5.101 Degree of protection 25
   - 5.102 Internal fault 27
   - 5.103 Insulation enclosure 27
   - 5.104 Shutters 31
   - 5.105 Disconnectors and earthing switches 33
   - 5.106 Interlocks 33
   - 5.107 Provisions for dielectric tests on cables 35
6. Type tests 35
   - 6.1 Dielectric tests 37
   - 6.2 Radio interference voltage (RIV) tests 51
   - 6.3 Temperature-rise tests 51
   - 6.4 Measurement of the resistance of the main circuit 51
   - 6.5 Short-time and peak withstand current tests 51
   - 6.101 Verification of making and breaking capacities 53
   - 6.102 Mechanical operation tests 53
   - 6.103 Verification of the degree of protection 55

Articles Pages

6.104 Mesurage des courants de fuite 54
6.105 Essai de résistance mécanique 56
6.106 Essai en cas d'arc dû à un défaut interne 58
6.107 Essai de stabilité thermique 58
6.108 Essai à l'humidité 58
6.109 Essais de vieillissement 58

7. Essais individuels de série 58
7.1 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal 60
7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande 60
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal 60
7.101 Essais de fonctionnement mécanique 60
7.102 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques 62
7.103 Vérification de l'exactitude de la filerie 62
7.104 Mesurage des décharges partielles 62

8. Guide pour le choix de l'appareillage selon le service 62

9. Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes . 64
9.101 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes 64
9.102 Renseignements à donner avec les soumissions 66

10. Règles pour le transport, le stockage, le montage et la maintenance 66
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage 66
10.2 Montage 66
10.3 Maintenance 66

ANNEXE AA – Défaut interne 70
Méthode d'essai de l'appareillage sous enveloppe en cas d'arc dû à un défaut interne 72

ANNEXE BB – Essai à l'humidité 84

ANNEXE CC – Niveau d'isolement assigné pour la Série II 92

ANNEXE DD – Guide pour les essais diélectriques après montage sur le site 92

Clause Page

6.104 Measurement of leakage currents 55
6.105 Mechanical strength test 57
6.106 Test under conditions of arcing due to internal fault 59
6.107 Thermal stability test 59
6.108 Humidity test 59
6.109 Ageing tests 59
7. Routine tests 59
7.1 Power-frequency voltage tests on the main circuit 61
7.2 Dielectric tests on auxiliary and control circuits 61
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit 61
7.101 Mechanical operation tests 61
7.102 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices 63
7.103 Verification of the correct wiring 63
7.104 Partial discharge measurement 63
8. Guide to the selection of switchgear and controlgear for service 63
9. Information to be given with enquiries, tenders and orders 65
9.101 Information to be given with enquiries and orders 65
9.102 Information to be given with tenders 67
10. Rules for transport, storage, erection and maintenance 67
10.1 Conditions during transport, storage and erection 67
10.2 Erection 67
10.3 Maintenance 67

APPENDIX AA – Internal fault 71
Method for testing the enclosed switchgear and controlgear under conditions of arcing due to internal fault 73

APPENDIX BB – Humidity test 85

APPENDIX CC – Rated insulation level for Series II 93

APPENDIX DD – Guide for dielectric tests after erection on site 93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE ISOLANTE POUR COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 1 kV ET INFÉRIEURE OU ÉGALE À 38 kV

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 466 de la CEI (1974) ainsi que les Modifications n° 1 (1977), n° 2 (1978) et n° 3 (1979).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
17C(BC)52 17C(BC)58	17C(BC)57 17C(BC)59

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Cette norme se réfère à la Publication 694 de la CEI: Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension, qui est applicable à moins qu'il ne soit spécifié autrement dans la présente norme. En vue de simplifier l'indication des exigences correspondantes, on utilise la même numérotation des articles et des paragraphes que dans la Publication 694. Les modifications à ces articles et paragraphes sont indiquées sous les mêmes références, tandis que les paragraphes complémentaires sont numérotés à partir de 101. Les annexes complémentaires sont repérées par les lettres AA, BB, etc.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 50(151)(1978):	Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.
50(441)(1984):	Chapitre 441: Appareillage et fusibles.
56(—):	Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.
60-1(1973):	Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
129(1984):	Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

A.C. INSULATION-ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR FOR RATED VOLTAGES ABOVE 1 kV AND UP TO AND INCLUDING 38 kV

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

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

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 466 (1974) and Amendments No. 1 (1977), No. 2 (1978) and No. 3 (1979).

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
17C(CO)52 17C(CO)58	17C(CO)57 17C(CO)59

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

The standard refers to IEC Publication 694: Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards, which is applicable unless otherwise specified in this standard. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and sub-clauses is used as in Publication 694. Amendments to these clauses and sub-clauses are given under the same references whilst additional sub-clauses are numbered from 101. Additional appendices are lettered AA, BB, etc.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 50(151)(1978):	International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices.
50(441)(1984):	Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses.
56(—):	High-voltage Alternating-current Circuit-breakers.
60-1(1973):	High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.
129(1984):	Alternating Current Disconnectors and Earthing Switches.

243(1967): Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
270(1981): Mesure des décharges partielles.
298(1981): Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 72,5 kV.
529(1976): Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes.
621-1(1978): Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières), Première partie: Domaine d'application et définitions.
694(1980): Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension.

243(1967): Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.
270(1981): Partial Discharge Measurements.
298(1981): A.C. Metal-enclosed Switchgear and Controlgear for Rated Voltages above 1 kV and up to and Including 72.5 kV.
529(1976): Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures.
621-1(1978): Electrical Installations for Outdoor Sites under Heavy Conditions (Including Opencast Mines and Quarries), Part 1: Scope and Definitions.
694(1980): Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards.

APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE ISOLANTE POUR COURANT ALTERNATIF DE TENSION ASSIGNÉE SUPÉRIEURE À 1 kV ET INFÉRIEURE OU ÉGALE À 38 kV

1. Domaine d'application

La présente norme spécifie les exigences pour l'appareillage préfabriqué sous enveloppe isolante prévu pour être installé à l'intérieur, pour des tensions assignées en courant alternatif supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 38 kV et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Note. – Dans quelques pays la tension la plus élevée pour l'équipement est 40,5 kV.

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

La présente norme ne traite pas des matériels compris dans l'appareillage sous enveloppe isolante, qui font l'objet de spécifications particulières.

Notes 1. – Les ensembles d'appareillage ayant une enveloppe métallique relèvent de la Publication 298 de la CEI: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 72,5 kV.

2. – Bien que la présente norme couvre aussi l'appareillage sous enveloppe isolant dont l'isolation est assurée par un fluide isolant autre que l'air à pression atmosphérique, des exigences complémentaires pour un tel équipement peuvent s'appliquer, suivant sa conception.

Dans le cadre de la présente norme, lorsque le terme «appareillage» est utilisé seul, il correspond à «appareillage sous enveloppe isolante».

2. Conditions normales et spéciales de service

L'appareillage sous enveloppe isolante est, à moins qu'il n'en soit spécifié autrement, prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service à l'intérieur.

Se référer au paragraphe 2.1.1 de la Publication 694 de la CEI: Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension. Dans tous les autres cas, il convient de consulter le constructeur.

3. Définitions

Pour les définitions des termes généraux utilisés dans cette norme, il est fait référence à la Publication 50(441) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 441: Appareillage et fusibles, et à la Publication 50(151) de la CEI: Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques. Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de la présente norme.

3.101 *Appareillage*

Terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés,

A.C. INSULATION-ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR FOR RATED VOLTAGES ABOVE 1 kV AND UP TO AND INCLUDING 38 kV

1. Scope

This standard specifies requirements for factory-assembled insulation-enclosed switchgear and controlgear for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV for indoor installation, and for service frequencies up to and including 60 Hz.

Note. – In some countries the highest voltage for equipment is 40.5 kV.

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

This standard does not deal with components contained in insulation-enclosed switchgear and controlgear for which individual specifications exist.

Notes 1. – Switchgear and controlgear assemblies having a metal enclosure are covered by IEC Publication 298: A.C. Metal-enclosed Switchgear and Controlgear for Rated Voltages above 1 kV and up to and including 72.5 kV.

2. – While this standard also covers insulation-enclosed switchgear and controlgear the insulation of which is an insulating fluid other than air at atmospheric pressure, additional requirements for such equipment may apply depending on its design.

For the purpose of this standard, when the term "switchgear" is used alone, it corresponds to "insulation-enclosed switchgear and controlgear".

2. Normal and special service conditions

Unless otherwise specified, the insulation-enclosed switchgear and controlgear is designed to be used under normal indoor service conditions.

Refer to Sub-clause 2.1.1 of IEC Publication 694: Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards. In all other cases the manufacturer should be consulted.

3. Definitions

For the definitions of general terms used in this standard, reference is made to IEC Publication 50(441): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses, and IEC Publication 50(151): Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices. The following definitions apply for the purpose of this standard.

3.101 *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

ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les charpentes correspondantes (VEI 441-11-01).

3.102 *Appareillage sous enveloppe isolante*

Ensemble d'appareillage, avec une enveloppe isolante externe, entièrement terminé à l'exception des connexions extérieures (VEI 441-12-06).

3.103 *Unité de transport*

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

3.104 *Unité fonctionnelle*

Partie d'un appareillage sous enveloppe isolante comprenant tous les matériels des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction (VEI 441-13-04).

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

3.105 *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 protéger les personnes contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles et contre le contact avec des parties en mouvement qu'elle contient, ainsi qu'à protéger l'équipement contre les influences externes.

3.106 *Matériel enrobé d'isolant*

Matériel dont les parties actives, à l'exception des bornes, sont entièrement enveloppées d'une matière isolante solide.

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

3.107 *Matériel*

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

3.108 *Volet*

Partie d'un appareillage sous enveloppe isolante qui peut être déplacée d'une position permettant l'embrochage des contacts d'une partie amovible sur des contacts fixes à une position dans laquelle elle constitue une partie de l'enveloppe isolante protégeant les contacts fixes (VEI 441-13-07).

3.109 *Partie amovible*

Partie d'un appareillage sous enveloppe isolante qui peut être entièrement enlevée de l'appareillage sous enveloppe isolante et remise en place, même quand le circuit principal est sous tension (VEI 441-13-08).

and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures (IEV 441-11-01).

3.102 *Insulation-enclosed switchgear and controlgear*

Switchgear and controlgear assemblies with an external insulation enclosure and complete except for external connections (IEV 441-12-06).

3.103 *Transport unit*

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

3.104 *Functional unit*

A part of insulation-enclosed switchgear and controlgear comprising all the components of the main circuits and auxiliary circuits that contribute to the fulfilment of a single function (IEV 441-13-04).

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

3.105 *Insulation enclosure*

A part of solid insulation surrounding the insulation-enclosed switchgear and controlgear used as protection against dangerous electrical effects, and intended to protect persons against approach to or contact with live parts and against contact with moving parts contained therein and to protect the equipment against external influences.

3.106 *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 the insulation enclosure.

3.107 *Component*

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

3.108 *Shutter*

A part of insulation-enclosed switchgear and controlgear that can be moved from a position where it permits contacts of a removable part to engage fixed contacts, to a position where it becomes a part of the insulation enclosure shielding the fixed contacts (IEV 441-13-07).

3.109 *Removable part*

A part of insulation-enclosed switchgear and controlgear that may be removed entirely from the insulation-enclosed switchgear and controlgear and replaced, even though the main circuit is alive (IEV 441-13-08).

3.110 *Partie débrochable*

Partie amovible d'un appareillage sous enveloppe isolante qui, tout en demeurant reliée mécaniquement à l'appareillage, peut être déplacée jusqu'à la ou l'une des positions établissant une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique entre contacts ouverts (VEI 441-13-09).

3.111 *Cloisonnement métallique* (entre conducteurs)

Disposition de conducteurs avec interposition d'éléments métalliques mis à la terre de telle sorte que des décharges disruptives ne puissent s'écouler qu'à la terre (VEI 441-11-11).

Note. – On peut prévoir un cloisonnement métallique aussi bien entre les conducteurs qu'entre les contacts ouverts d'un appareil de connexion.

3.112 *Position de service/position raccordée* (d'une partie amovible)

Position occupée par une partie amovible quand elle est entièrement connectée pour la fonction à laquelle elle est destinée (VEI 441-16-25).

3.113 *Position de mise à la terre* (d'une partie amovible)

Position occupée par une partie amovible dans laquelle la fermeture d'un appareil mécanique de connexion provoque la mise en court-circuit et à la terre d'un circuit principal (VEI 441-16-26).

3.114 *Position d'essai* (d'une partie débrochable)

Position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement ou un cloisonnement métallique est établi dans le circuit principal et dans laquelle les circuits auxiliaires sont raccordés (VEI 441-16-27).

3.115 *Position de sectionnement* (d'une partie débrochable)

Position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement est établie ou un cloisonnement métallique est mis en place dans les circuits de la partie débrochable, cette partie restant mécaniquement reliée à l'appareillage (VEI 441-16-28).

Note. – Dans l'appareillage à haute tension sous enveloppe, les circuits auxiliaires peuvent rester branchés.

3.116 *Position de retrait* (d'une partie amovible)

Position d'une partie amovible quand elle est retirée et séparée mécaniquement et électriquement de l'appareillage (VEI 441-16-29).

3.117 *Circuit principal*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe isolante qui font partie d'un circuit destiné à transporter l'énergie électrique (VEI 441-13-02).

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

3.118 *Circuit auxiliaire*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe isolante insérées dans un circuit, autre que le circuit principal, destinées à la commande, la mesure, la signalisation et la régulation (VEI 441-13-03).

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

3.110 *Withdrawable part*

A removable part of insulation-enclosed switchgear and controlgear that can be moved to one or more positions in which an isolating distance or a segregation between open contacts is established, while the part remains mechanically attached to the switchgear (IEV 441-13-09).

3.111 *Segregation* (between conductors)

An arrangement of conductors with earthed metal interposed between them in such a manner that disruptive discharges can only occur to earth (IEV 441-11-11).

Note. – A segregation may be established between the conductors as well as between the open contacts of a switching device.

3.112 *Service position/connected position* (of a removable part)

The position of a removable part in which it is fully connected for its intended function (IEV 441-16-25).

3.113 *Earthing position* (of a removable part)

The position of a removable part in which the closing of a mechanical switching device causes a main circuit to be short-circuited and earthed (IEV 441-16-26).

3.114 *Test position* (of a withdrawable part)

The position of a withdrawable part in which an isolating distance or segregation is established in the main circuit and in which the auxiliary circuits are connected (IEV 441-16-27).

3.115 *Disconnected position* (of a withdrawable part)

The position of a withdrawable part in which an isolating distance or a segregation is established in the circuits of the withdrawable part, that part remaining mechanically attached to the switchgear (IEV 441-16-28).

Note. – In enclosed high-voltage switchgear and controlgear, the auxiliary circuits may remain connected.

3.116 *Removed position* (of a removable part)

A position of a removable part when it is outside and mechanically and electrically separated from the switchgear (IEV 441-16-29).

3.117 *Main circuit*

All the conductive parts of insulation-enclosed switchgear and controlgear included in a circuit which is intended to transmit electrical energy (IEV 441-13-02).

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

3.118 *Auxiliary circuit*

All the conductive parts of insulation-enclosed switchgear and controlgear included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal and regulate (IEV 441-13-03).

Note. – The auxiliary circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

3.119 *Valeur assignée*

Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié de l'appareillage sous enveloppe isolante (VEI 151-04-03).

Note. – Voir l'article 4 pour les valeurs assignées particulières.

3.120 *Degré de protection*

Le degré de protection assuré par une enveloppe isolante pour protéger des personnes contre un contact avec ou une approche des parties actives et contre un contact avec des parties en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe isolante, et pour protéger l'équipement contre la pénétration de corps solides.

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

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

3.122 *Décharge disruptive*

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

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

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

3. – Le terme «amorçage» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide;

– le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant;

– le terme «perforation» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

4. Caractéristiques assignées

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

a) tension assignée et nombre de phases;

b) niveau d'isolement assigné;

c) fréquence assignée;

d) courant assigné en service continu (pour les circuits principaux);

e) courant de courte durée admissible assigné (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

f) valeur de crête du courant admissible assigné, si applicable (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

g) durée de court-circuit assignée;

h) valeurs assignées des matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire.

3.119 *Rated value*

A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of insulation-enclosed switchgear and controlgear (IEV 151-04-03).

Note. – See Clause 4 for individual rated values.

3.120 *Degree of protection*

The degree of protection provided by an insulation enclosure to protect persons against contact with or approach to live parts and against contact with moving parts inside the insulation enclosure and to protect the equipment against ingress of solid bodies.

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

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

3.122 *Disruptive discharge*

Phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly to zero.

Notes 1. – The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

2. – A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

3. – The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric;

- the term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in a gaseous or liquid medium;
- the term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

4. Rating

The rating of insulation-enclosed switchgear and controlgear comprises the following:

a) rated voltage and number of phases;

b) rated insulation level;

c) rated frequency;

d) rated normal current (for main circuits);

e) rated short-time withstand current (for main and earthing circuits);

f) rated peak withstand current, if applicable (for main and earthing circuits);

g) rated duration of short circuit;

h) rated values of the components forming part of the insulation-enclosed switchgear and controlgear including their operating devices and auxiliary equipment.

Pour la coordination des tensions assignées, des courants de courte durée admissibles assignés, des valeurs de crête du courant admissible assigné et des courants assignés en service continu de l'appareillage sous enveloppe isolante, il est fait référence à l'article 4 de la Publication 56 de la CEI: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, et à la Publication 129 de la CEI: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.

4.1 *Tension assignée*

Se référer aux paragraphes 4.1 et 4.1.1 de la Publication 694 de la CEI; mais seules les valeurs normalisées suivantes de la tension assignée sont applicables:

Série I 3,6 kV – 7,2 kV – 12 kV – 17,5 kV – 24 kV – 36 kV
Série II 4,76 kV – 8,25 kV – 15 kV – 15,5 kV – 25,8 kV – 38 kV

Note. – Les matériels faisant partie de l'appareillage peuvent avoir leurs propres valeurs de tension assignée conformément aux normes correspondantes.

4.2 *Niveau d'isolement assigné*

Se référer aux paragraphes 4.2 et 4.2.1 de la Publication 694 de la CEI restreints aux tensions assignées inférieures ou égales à 38 kV. Les valeurs de la tension de tenue assignée, correspondant à la pratique courante au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique, figurent au tableau de l'annexe CC.

4.3 *Fréquence assignée*

Se référer au paragraphe 4.3 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant les valeurs assignées suivantes:

16⅔ Hz et 25 Hz.

4.4 *Courant assigné en service continu et échauffement*

4.4.1 *Courant assigné en service continu*

Se référer au paragraphe 4.4.1 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant l'alinéa suivant:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante (par exemple barres omnibus, circuits d'alimentation, etc.) peuvent ne pas avoir la même valeur de courant assigné en service continu.

4.4.2 *Echauffement*

Se référer au paragraphe 4.4.2 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

L'échauffement des matériels contenus dans l'appareillage qui font l'objet de normes hors du domaine d'application de la Publication 694 de la CEI ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par la norme particulière à ces matériels.

L'échauffement des enveloppes et des capots accessibles ne doit pas dépasser 30 K pour les surfaces métalliques ou 40 K pour les surfaces isolantes. Dans le cas d'enveloppes et de capots accessibles mais non prévus pour être touchés pendant la manœuvre normale, les limites d'échauffement peuvent être augmentées de 10 K.

4.5 *Courant de courte durée admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.5 de la Publication 694 de la CEI.

For the co-ordination of rated voltages, rated short-time withstand currents, rated peak withstand currents and rated normal currents of insulation-enclosed switchgear and controlgear reference is made to Clause 4 of IEC Publication 56: High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, and to IEC Publication 129: Alternating-current Disconnectors and Earthing Switches.

4.1 *Rated voltage*

Refer to Sub-clauses 4.1 and 4.1.1 of IEC Publication 694 but only the following standard values of rated voltages are to be applied:

Series I 3.6 kV – 7.2 kV – 12 kV – 17.5 kV – 24 kV – 36 kV
Series II 4.76 kV – 8.25 kV – 15 kV – 15.5 kV – 25.8 kV – 38 kV

Note. – Components forming part of the switchgear may have individual values of rated voltage in accordance with the relevant standards.

4.2 *Rated insulation level*

Refer to Sub-clauses 4.2 and 4.2.1 of IEC Publication 694 restricted to rated voltages up to and including 38 kV. The rated withstand voltage values, based on current practice in Canada and the United States of America, are given in the table of Appendix CC.

4.3 *Rated frequency*

Refer to Sub-clause 4.3 of IEC Publication 694, with the addition of the following rated values:

16⅔ Hz and 25 Hz.

4.4 *Rated normal current and temperature rise*

4.4.1 *Rated normal current*

Refer to Sub-clause 4.4.1 of IEC Publication 694 with the addition of the following paragraph:

Some main circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear (e.g. busbars, feeder circuits, etc.) may not have the same value of rated normal current.

4.4.2 *Temperature rise*

Refer to Sub-clause 4.4.2 of IEC Publication 694 with the addition of the following supplement:

The temperature rise of components contained in the switchgear which are subject to standards not covered by the scope of IEC Publication 694 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for those components.

The temperature rise of accessible enclosures and covers shall not exceed 30 K for metal surfaces and 40 K for insulation surfaces. In the case of enclosures and covers which are accessible but need not be touched during normal operation, the temperature-rise limits may be increased by 10 K.

4.5 *Rated short-time withstand current*

Refer to Sub-clause 4.5 of IEC Publication 694.

4.6 *Valeur de crête du courant admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.6 de la Publication 694 de la CEI.

Note. – En principe le courant de courte durée admissible assigné et la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal ne peuvent pas excéder les valeurs assignées correspondantes du matériel en série dans le circuit qui présente les plus faibles caractéristiques. Mais dans chaque circuit ou chaque compartiment, il est admis de tenir compte de l'effet limiteur de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

4.7 *Durée de court-circuit assignée*

Se référer au paragraphe 4.7 de la Publication 694 de la CEI.

4.8 *Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires*

Se référer au paragraphe 4.8 de la Publication 694 de la CEI.

4.9 *Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires*

Se référer au paragraphe 4.9 de la Publication 694 de la CEI.

4.10 *Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre*

Se référer au paragraphe 4.10 de la Publication 694 de la CEI.

5. Conception et construction

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

Pour l'appareillage sous enveloppe isolante, il est nécessaire de tenir compte de la condensation et des conditions d'humidité, parce que cet équipement doit assurer la sécurité des personnes lors du toucher, non seulement à l'état sec mais également lorsque la condensation s'est déposée sur les surfaces isolantes.

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

S'il existe des parties amovibles ayant des caractéristiques assignées différentes et si ces parties sont interchangeables dans un ensemble d'appareillage sous enveloppe isolante, toute combinaison possible des parties amovibles et fixes doit tenir au moins le niveau d'isolement assigné spécifié pour les parties fixes de l'équipement considéré.

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

Pour les circuits principaux avec des fusibles limiteurs de courant, le constructeur de l'appareillage peut fixer le courant de court-circuit avec fusible.

5.1 *Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage*

Se référer au paragraphe 5.1 de la Publication 694 de la CEI.

4.6 *Rated peak withstand current*

Refer to Sub-clause 4.6 of IEC Publication 694.

Note. – In principle the rated short-time withstand current and the rated peak withstand current of a main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or compartment, advantage may be taken of apparatus limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

4.7 *Rated duration of short circuit*

Refer to Sub-clause 4.7 of IEC Publication 694.

4.8 *Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits*

Refer to Sub-clause 4.8 of IEC Publication 694.

4.9 *Rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits*

Refer to Sub-clause 4.9 of IEC Publication 694.

4.10 *Rated pressure of compressed gas supply for operation*

Refer to Sub-clause 4.10 of IEC Publication 694.

5. Design and construction

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be designed so that normal service, inspection 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 apparatus and the elimination of dangerous electrostatic charges, can be carried out safely.

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

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

If there are removable parts with different rating and if parts are interchangeable within the assembly of insulation-enclosed switchgear and controlgear, any possible combination of removable and fixed parts shall withstand at least the rated insulation level specified for the fixed parts of the equipment concerned.

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

For main circuits with current-limiting fuses, the manufacturer of the switchgear may assign the fused short-circuit current.

5.1 *Requirements for liquids in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.1 of IEC Publication 694.

5.2 *Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage*

Se référer au paragraphe 5.2 de la Publication 694 de la CEI.

5.3 *Mise à la terre*

Se référer au paragraphe 5.3 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

Un conducteur de terre est prévu sur toute la longueur de l'appareillage sous enveloppe isolante. La densité de courant dans le conducteur de terre, s'il est en cuivre, ne doit pas dépasser 200 A/mm^2 dans les conditions prescrites de défaut à la terre; toutefois, la section de ce conducteur est d'au moins 30 mm^2. Il est terminé par une borne appropriée, destinée au raccordement au réseau de terre de l'installation.

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

Toutes les parties métalliques accessibles 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.

En général, la continuité du réseau de terre doit être assurée en tenant compte des sollicitations thermiques et mécaniques causées par le courant qu'il peut avoir à supporter. La valeur maximale des courants de défaut à la terre dépend du type de mise à la terre du neutre du réseau et doit être indiquée par l'utilisateur.

Lorsque des connexions de terre ont à supporter le plein courant de court-circuit triphasé (comme dans le cas des connexions qui réalisent la mise en court-circuit sur les appareils de mise à la terre), ces connexions doivent être dimensionnées en conséquence.

Il est possible de mettre en court-circuit et à la terre toutes les parties d'un circuit principal qui peuvent être déconnectées du reste de ce circuit.

Les parties métalliques d'une partie débrochable qui sont normalement à la terre doivent également rester à la terre en position d'essai ou de sectionnement ainsi que dans les positions intermédiaires lorsque les circuits auxiliaires ne sont pas complètement déconnectés (pour les conditions prescrites pour la distance de sectionnement, voir la Publication 129 de la CEI).

5.4 *Equipements auxiliaires*

Se référer au paragraphe 5.4 de la Publication 694 de la CEI.

5.5 *Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure*

Se référer au paragraphe 5.5 de la Publication 694 de la CEI.

5.6 *Fermeture à accumulation d'énergie*

Se référer au paragraphe 5.6 de la Publication 694 de la CEI.

5.7 *Fonctionnement des déclencheurs*

Se référer au paragraphe 5.7 de la Publication 694 de la CEI.

5.8 *Verrouillages à basse et à haute pression*

Se référer au paragraphe 5.8 de la Publication 694 de la CEI.

5.2 *Requirements for gases in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.2 of IEC Publication 694.

5.3 *Earthing*

Refer to Sub-clause 5.3 of IEC Publication 694 with the addition of the following supplement:

An earthing conductor shall be provided extending the whole length of the insulation-enclosed switchgear and controlgear. The current density in the earthing conductor, if of copper, shall not exceed 200 A/mm² under the specified earth fault conditions; however, cross-sectional area of the conductor shall be not less than 30 mm². It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation.

Note. – If the earthing conductor is not made of copper, equivalent thermal and mechanical requirements should be met.

All accessible metal 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.

In general, the continuity of the earth system shall be ensured taking into account the thermal and mechanical stresses caused by the current it may have to carry. The maximum value of earth fault currents depends upon the type of system neutral earthing employed and shall be indicated by the user.

Where earthing connections have to carry the full three-phase short-circuit current (as in the case of the short-circuiting connections used for earthing devices) these connections shall be dimensioned accordingly.

Each part of the main circuit which can be disconnected from the other parts shall be capable of being short-circuited and earthed.

The metallic parts of a withdrawable part which are normally earthed shall also remain earthed in the test or disconnected position and also in any intermediate position whilst the auxiliary circuits are not totally disconnected (for conditions concerning the isolating distance see IEC Publication 129).

5.4 *Auxiliary equipment*

Refer to Sub-clause 5.4 of IEC Publication 694.

5.5 *Dependent power closing*

Refer to Sub-clause 5.5 of IEC Publication 694.

5.6 *Stored energy closing*

Refer to Sub-clause 5.6 of IEC Publication 694.

5.7 *Operation of releases*

Refer to Sub-clause 5.7 of IEC Publication 694.

5.8 *Low and high pressure interlocking devices*

Refer to Sub-clause 5.8 of IEC Publication 694.

5.9 *Plaques signalétiques*

Se référer au paragraphe 5.9 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe isolante ainsi que tous les matériels et dispositifs de manœuvre doivent être munis de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui doivent contenir les renseignements suivants:

- le nom du constructeur ou la marque de fabrique;
- la désignation du type ou un numéro de série;
- les valeurs assignées applicables;
- le numéro de la norme correspondante.

La plaque signalétique de chaque unité fonctionnelle doit être lisible en service normal. Les parties amovibles, s'il y en a, sont munies d'une plaque signalétique séparée comportant les données relatives aux unités fonctionnelles auxquelles elles appartiennent; mais cette plaque peut n'être lisible que lorsque la partie amovible est retirée.

Note. – Il n'est pas utile de faire apparaître le mot «assigné» sur la plaque signalétique.

5.101 *Degré de protection*

5.101.1 *Protection des personnes contre l'approche des parties actives et le contact avec les parties en mouvement*

Le degré de protection procuré par l'enveloppe isolante doit être indiqué par la désignation spécifiée dans le tableau I.

Le chiffre caractéristique indique le degré de protection procuré par l'enveloppe vis-à-vis des personnes ainsi que de l'équipement intérieur à l'enveloppe.

Le tableau I donne le détail des objets qui seront «exclus» de l'enveloppe pour chacun des degrés de protection.

Le terme «exclu» implique soit qu'une partie du corps ou d'un objet de dimension supérieure à la valeur spécifiée tenu par une personne n'entrera pas dans l'enveloppe, soit, dans le cas contraire, qu'une distance d'isolement adéquate sera maintenue et qu'aucune partie en mouvement ne sera touchée.

TABLEAU I

Degré de protection	Protection contre l'approche des parties actives et le contact avec les parties en mouvement
IP2X	Avec des doigts ou des objets analogues de diamètre supérieur à 12 mm
IP3X	Avec des outils, des fils, etc., de diamètre supérieur ou d'épaisseur supérieure à 2,5 mm
IP4X	Avec des fils de diamètre supérieur ou des rubans d'épaisseur supérieure à 1,0 mm

Note. – La désignation du degré de protection correspond à la Publication 529 de la CEI: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes. Aucun degré de protection n'est spécifié contre l'entrée nuisible d'eau.

5.9 *Nameplates*

Refer to Sub-clause 5.9 of IEC Publication 694, with the addition of the following supplement:

Insulation-enclosed switchgear and controlgear and all components and operating devices shall be provided with durable and clearly legible nameplates which shall contain the following information:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation or serial number;
- applicable rated values;
- number of the relevant standard.

The nameplates of each functional unit shall be legible during normal service. The removable parts, if any, shall have a separate nameplate with the data relating to the functional units they belong to, but this nameplate need be legible only when the removable part is removed.

Note. – The word "rated" need not appear on the nameplate.

5.101 *Degree of protection*

5.101.1 *Protection of persons against approach to live parts and contact with moving parts*

The degree of protection provided by the insulation enclosure shall be indicated by means of a designation specified in Table I.

The characteristic numeral indicates the degree of protection provided by the enclosure with respect to persons, also to the equipment inside the enclosure.

Table I gives details of objects which will be "excluded" from the enclosure for each of the degrees of protection.

The term "excluded" implies that a part of the body or of an object greater than the specified value held by a person either will not enter the enclosure or, if it enters, that adequate clearance will be maintained and no moving part will be touched.

TABLE I

Degree of protection	Protection against approach to live parts and contact with moving parts
IP2X	By fingers or similar objects of diameter greater than 12 mm
IP3X	By tools, wires etc., of diameter or thickness greater than 2.5 mm
IP4X	By wires of diameter or strips of thickness greater than 1.0 mm

Note. – The designation of the degree of protection corresponds to IEC Publication 529: Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures. No degree of protection against the harmful ingress of water is specified.

5.101.2 *Protection de l'équipement contre les effets externes*

a) Protection contre la pénétration de corps solides:
Aucune mesure particulière en dehors de celles qui sont indiquées au paragraphe 5.101.1 n'est à prendre.

b) Protection contre les agents atmosphériques:
Pour les conditions de service à considérer, voir l'article 2.

5.101.3 *Protection de l'équipement contre les dommages mécaniques*

Toutes les enveloppes isolantes doivent avoir une résistance mécanique suffisante (pour les essais, voir paragraphe 6.105).

5.102 *Défaut interne*

Un défaut à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante, dû à des défectuosités ou à des conditions de service exceptionnelles, ou à une fausse manœuvre, peut amorcer un arc interne.

La probabilité d'apparition d'un tel défaut dans les constructions satisfaisant aux exigences de la présente norme est très faible, mais ne peut pas être complètement négligée.

Si des personnes sont présentes, un tel défaut peut provoquer des blessures; cependant, la probabilité devient encore plus faible.

Il est souhaitable de prévoir le plus haut degré possible de protection pour les personnes. L'objectif principal devra être d'éviter de tels arcs ou d'en limiter la durée et les conséquences.

L'expérience ayant démontré que les défauts se produisent de préférence dans certains emplacements plutôt que dans d'autres à l'intérieur de l'enveloppe, il convient donc de porter une attention spéciale à ceux-là.

Dans les colonnes (1) et (2) du tableau AAI de l'annexe AA, une liste de tels emplacements préférentiels et des causes est donnée à titre indicatif. Certaines mesures, pour diminuer la probabilité d'apparition des défauts internes ou pour réduire les risques, sont recommandées dans la colonne (3). Des exemples de mesures de limitation des conséquences d'un défaut interne sont donnés dans le tableau AAII de l'annexe AA.

Si ces mesures sont considérées comme insuffisantes et uniquement pour couvrir le cas où l'arc est amorcé entièrement dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage sous enveloppe isolante, le constructeur et l'utilisateur pourront se mettre d'accord sur l'exécution d'un essai conformément à l'annexe AA pour justifier que l'appareillage répond aux critères définis en commun.

Cet essai peut ne pas être nécessaire pour les parties des circuits protégées par des dispositifs limiteurs de courant, par exemple des fusibles.

Note. – Il est recommandé de prendre en considération la surpression causée dans le bâtiment par un arc dû à un défaut interne dans l'enveloppe et les effets de l'éjection des gaz à travers des dispositifs limiteurs de pression.

5.103 *Enveloppe isolante*

5.103.1 *Généralités*

L'enveloppe isolante complète ainsi que les matériaux utilisés dans la construction doivent être capables de résister aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques

5.101.2 *Protection of equipment against external effects*

a) Protection against ingress of solid bodies:
No additional provision beyond those indicated in Sub-clause 5.101.1 are to be taken.

b) Protection against atmospheric agents:
As to the relevant service conditions to be observed see Clause 2.

5.101.3 *Protection of equipment against mechanical damage*

All insulation enclosures shall be of sufficient mechanical strength (for tests, see Sub-clause 6.105).

5.102 *Internal fault*

Failure within the enclosure of insulation-enclosed switchgear and controlgear due either to defects or exceptional service conditions or a mal-operation may initiate an internal arc.

There is little probability of such a failure occurring in constructions which satisfy the requirements of this standard, but it cannot be completely disregarded.

Such a failure may lead to injury, if persons are present, but with an even lower probability.

It is desirable that the highest possible degree of protection to persons should be provided. The principal objective should be to avoid such arcs or to limit their duration and consequences.

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others, so special attention should be paid to these.

For guidance, a list of such locations and of causes is given in Table AAI of Appendix AA, columns (1) and (2). Measures to decrease the probability of internal faults or to reduce the risk are recommended in column (3). Examples of measures to limit the consequences of internal faults are given in Table AAII of Appendix AA.

If such measures are considered to be insufficient, and to cover only the case of an arc occurring entirely in air within the enclosure of the insulation-enclosed switchgear and controlgear, a test in accordance with Appendix AA may be agreed between the manufacturer and user, to verify that the chosen criteria are fulfilled as agreed.

Such a test should be unnecessary on those parts of circuits which are protected by current-limiting devices, for example, fuses.

Note. – The overpressure in the building caused by arcing due to an internal fault in the enclosure and the effects of the ejection of gases from pressure relief devices should be taken into consideration.

5.103 *Insulation enclosure*

5.103.1 *General*

The complete insulation enclosure as well as the materials used in the construction shall be capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses as well as

ainsi qu'aux effets de l'humidité et du vieillissement susceptibles d'être rencontrés dans des conditions normales de service.

Les parties principales de l'enveloppe isolante peuvent être considérées comme constituées par une isolation non autorégénératrice.

Les murs et le plancher d'un local ne doivent pas être considérés comme faisant partie de l'enveloppe.

5.103.2 *Protection des personnes contre les effets électriques dangereux*

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

La protection de classe A avec une isolation répondant à toutes les exigences des points *a)* à *c)* du paragraphe 5.103.3, en général suffisante pour les parties de l'enveloppe touchées seulement accidentellement ou par inadvertance par des personnes.

La protection de classe B avec une isolation répondant aux exigences de la protection de classe A et en outre à celles du point *d)* ou du point *e)* du paragraphe 5.103.3 comme sécurité dans le cas où l'isolation de la protection de classe A serait endommagée. La protection de classe B est considérée comme appropriée pour les parties susceptibles d'être touchées pendant les manœuvres, lors du remplacement de parties amovibles ou de l'exécution d'autres travaux de maintenance normale.

Note. – Une protection équivalente à la protection de classe B peut être obtenue par un capot métallique mis à la terre. Pour un tel équipement, on appliquera les spécifications de la Publication 298 de la CEI.

La présente norme concerne l'appareillage sous enveloppe isolante ayant soit:

- une protection totale de classe B pour des installations généralement accessibles (zones d'opération), soit
- une protection partielle de classe A et une protection partielle de classe B pour des installations accessibles seulement à des opérateurs expérimentés (zones d'opération électrique fermées).

Note. – Pour les définitions de «zone d'opération» et de «zone d'opération électrique fermée», se référer à la Publication 621-1 de la CEI: Installations électriques pour chantiers extérieurs soumis à des conditions sévères (y compris mines à ciel ouvert et carrières), Première partie: Domaine d'application et définitions.

5.103.3 *Conditions pour les enveloppes isolantes*

Pour la protection de classe A, l'enveloppe isolante doit répondre aux exigences suivantes:

a) L'isolation entre les parties du circuit principal et la surface accessible de l'enveloppe isolante de tout l'ensemble doit pouvoir résister aux tensions d'essai spécifiées au paragraphe 6.1.5 pour les essais diélectriques à la terre et entre phases.

b) En dehors des considérations mécaniques, l'épaisseur du matériau isolant des enveloppes isolantes doit être suffisante pour résister aux tensions d'essai spécifiées au point *a)*. 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, sont en principe utilisées pour les essais afin de répondre aux exigences correspondantes.

c) Les courants capacitifs et les courants de fuite ne doivent pas être supérieurs à 0,5 mA, dans les conditions d'essai spécifiées.

the effects of humidity and ageing which are likely to be encountered in normal service conditions.

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

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

5.103.2 *Protection of persons against dangerous electrical effects*

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

Protection grade A with an insulation which meets all the requirements given in the Items *a)* to *c)* of Sub-clause 5.103.3 is generally sufficient for those parts of the enclosure which are touched by persons only accidentally or inadvertently.

Protection grade B with an insulation which meets, in addition to those of protection grade A, the requirements given in Item *d)* or *e)* of Sub-clause 5.103.3 as a safeguard in case the protection grade A insulation is damaged. Protection 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. – Protection equivalent to protection grade B may be obtained by an earthed metal cover. For such equipment, the requirements of IEC Publication 298 apply.

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

- protection grade B throughout for generally accessible installations (operating areas), or

- partly protection grade A and partly protection grade B for installations accessible to skilled operators only (closed electrical operating areas).

Note. – For the definitions of "operating area" and "closed electrical operating area" refer to IEC Publication 621-1: Electrical Installations for Outdoor Sites under Heavy Conditions (Including Open-cast Mines and Quarries), Part 1: Scope and Definitions.

5.103.3 *Conditions for insulation enclosures*

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

a) The insulation between parts of the main circuit and the accessible surface of the insulation enclosure of the total assembly shall be capable of withstanding the test voltages specified in Sub-clause 6.1.5 for dielectric tests to earth and between phases.

b) Apart from mechanical considerations, the thickness of the insulating material of insulation enclosures shall be sufficient to withstand the test voltages specified in Item *a)*. The methods specified in IEC Publication 243: Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulation Materials at Power Frequencies, should be applied to the tests to meet the relevant requirements.

c) Capacitive and leakage currents shall not be greater than 0.5 mA under the specified test conditions.

Pour la protection de classe B, l'enveloppe isolante doit répondre aux exigences de la protection de classe A et à l'une des exigences additionnelles suivantes:

d) L'enveloppe isolante comporte au moins deux couches de matériau isolant, dont l'une répond aux exigences du point *b)*. L'autre couche doit seulement pouvoir résister à une tension d'essai à fréquence industrielle durant 1 min égale à 150% de la tension assignée. Il ne doit pas être possible d'enlever l'isolation supplémentaire sans l'aide d'un outil.

e) L'enveloppe isolante contient un isolant gazeux ou liquide. Il est alors nécessaire de s'assurer qu'en cas de remplacement de l'isolant gazeux ou liquide par 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 assignée.

5.103.4 *Capots et portes*

Les capots et les portes doivent, s'ils sont fermés, procurer le degré de protection spécifié pour l'enveloppe isolante.

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

a) ceux qui n'ont pas à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation ou de maintenance (capots fixes). Ils ne doivent pas pouvoir être ouverts, démontés ou retirés sans l'aide d'outils;

b) ceux qui ont à être ouverts pour les opérations normales d'exploitation (capots amovibles, portes). Ils ne doivent pas nécessiter d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement. Ils doivent 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.

5.103.5 *Regards*

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

5.103.6 *Orifices de ventilation, d'échappement des gaz*

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

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

5.104 *Volets*

Les ouvertures de l'enveloppe permettant l'embrochage des contacts des parties amovibles sur des contacts fixes doivent être munies de volets automatiques ou autres dispositifs assurant le degré de protection spécifié pour l'enveloppe dans chacune des positions pouvant être occupées par les parties amovibles. Les volets doivent aussi répondre aux exigences spécifiées pour la protection de classe B.

For protection grade B, the requirements of protection grade A and one of the following additional requirements shall be met by the insulation enclosure:

d) The insulation enclosure shall consist of at least two layers of insulating material, one of which shall comply with the requirements of Item *b)*. The other layer need be able to withstand only a 1 min power-frequency test voltage equal to 150% of the rated voltage. It shall not be possible to remove the additional insulation without the aid of a tool.

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.

5.103.4 *Covers and doors*

Covers and doors shall, when they are closed, provide the degree of protection specified for the insulation enclosure.

Two categories of covers and doors 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 use of tools;

b) those which need to be opened for the normal purposes of operation (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 persons is assured by a suitable interlocking device.

5.103.5 *Inspection windows*

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

5.103.6 *Ventilating openings, vent outlets*

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

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

5.104 *Shutters*

Openings in the enclosure through which contacts of removable parts engage fixed contacts, shall be provided with automatic shutters or other devices to ensure the degree of protection specified for the enclosure in any of the positions to be taken by the removable parts. The shutters shall also meet the requirements specified for protection grade B.

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

5.105 *Sectionneurs et sectionneurs de terre*

Les dispositifs assurant la distance de sectionnement entre les conducteurs à haute tension sont considérés comme des sectionneurs qui satisfont à la Publication 129 de la CEI, sauf en ce qui concerne les essais de fonctionnement mécanique auxquels s'appliquent les paragraphes 6.102 et 7.101.

Les courants de fuite à travers la distance de sectionnement ne doivent pas dépasser 0,5 mA. Le mesurage des courants de fuite est effectué conformément à la méthode spécifiée au paragraphe 6.104.

L'exigence de la Publication 129 de la CEI, selon laquelle il doit être possible de reconnaître la position du sectionneur ou du sectionneur de terre, est considérée comme satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance de sectionnement est visible;
- la position de la partie débrochable, par rapport à la partie fixe, est nettement visible et les positions correspondant à l'embrochage complet et au sectionnement complet sont indiquées clairement;
- la position du sectionneur ou du sectionneur de terre est indiquée par un dispositif indicateur sûr.

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

5.106 *Verrouillages*

Des verrouillages entre les différents matériels de l'équipement doivent être prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter l'exploitation. Les dispositions 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 celui-ci se trouve dans la position d'ouverture.

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

Dans la position de service, la fermeture d'un disjoncteur, interrupteur ou contacteur ne doit être possible que si celui-ci est raccordé au circuit auxiliaire, sauf s'il est prévu pour s'ouvrir automatiquement sans l'utilisation d'un circuit auxiliaire.

b) Appareillage sous enveloppe isolante ne comportant pas de parties amovibles, mais muni de sectionneurs

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

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

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

5.105 *Disconnectors and earthing switches*

The devices for ensuring the isolating distance between high-voltage conductors are considered to be disconnectors and shall comply with IEC Publication 129, except for mechanical operation tests for which Sub-clauses 6.102 and 7.101 apply.

Leakage currents across the isolating distance shall not exceed 0.5 mA. The measurement of leakage currents shall be carried out in accordance with the method specified in Sub-clause 6.104.

The requirement of IEC Publication 129, that it shall be possible to know the operating position of the disconnector or earthing switch is met, if one of the following conditions is fulfilled:

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

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

5.106 *Interlocks*

Interlocks between different components of the equipment 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 be impossible unless it is in the open position.

The operation of a circuit-breaker, switch or contactor shall be impossible unless it is in the service, disconnected, removed, test or earthing position.

It shall be impossible to close the circuit-breaker, switch or contactor in the service position unless it is connected to the auxiliary circuit, unless it is designed to open automatically without the use of an auxiliary circuit.

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

Interlocks shall be provided to prevent operation of disconnectors under conditions other than those they are intended for (see IEC Publication 129). The operation of a disconnector shall be impossible unless the associated circuit-breaker, switch or contactor is in the open position.

Note: – This rule may be disregarded if it is possible to have a busbar transfer in a double busbar system without current interruption.

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

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

Il est recommandé que les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné 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 les travaux de maintenance, doivent être munis de dispositifs permettant de les immobiliser (par exemple, possibilité de disposer de cadenas).

Note. – Dans la mesure du possible, la préférence est en principe donnée aux verrouillages mécaniques.

5.107 *Dispositions pour les essais diélectriques des câbles*

Lorsque, pour les essais diélectriques, il n'est pas pratique de déconnecter le câble de l'appareillage sous enveloppe isolante, les parties qui restent reliées au câble doivent être capables de tenir les tensions d'essai des câbles spécifiées dans les normes particulières des câbles pour la même tension assignée.

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

6. Essais de type

Se référer à l'article 6 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant la modification suivante:

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe isolante et relevant de spécifications particulières non couvertes par la Publication 694 de la CEI doivent y satisfaire et être essayés conformément à ces spécifications, en tenant compte des indications données aux paragraphes suivants.

Les essais de type sont effectués sur une unité fonctionnelle représentative. Il n'est pas possible de soumettre toutes les dispositions prévues d'appareillage à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles de matériels. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent être déduites des résultats d'essais obtenus avec des dispositions comparables.

Note. – Une unité fonctionnelle représentative peut prendre la forme d'une unité extensible. Néanmoins, il peut être nécessaire d'assembler par boulonnage deux ou trois unités.

Les essais de type et les vérifications comprennent:

Paragraphes

1) *Essais de type normaux*

a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement, y compris les essais de tension à fréquence industrielle des circuits auxiliaires: 6.1

The operation of the circuit-breaker, switch or contactor shall be impossible unless the associated disconnector is in the closed, open or earthing position (if provided).

The provision of additional or alternative interlocks shall be subject to agreement between manufacturer and user. The manufacturer shall give all necessary information on the character and function of interlocks.

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

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

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

5.107 *Provisions for dielectric tests on cables*

When, for the dielectric tests, it is not practical to disconnect the cable from the insulation-enclosed switchgear and controlgear, those parts which remain connected to the cable shall be capable of withstanding the cable test voltages specified in the relevant cable standards for the same rated voltage.

Note. – Attention is drawn to the fact that practically no safety margin is left in some cases between the rated power-frequency test voltage for the isolating distance and the resulting voltage stress across the isolating distance due to the application of the d.c. cable test voltage, while the other side of the isolating distance of the switchgear is still live.

6. Type tests

Refer to Clause 6 of IEC Publication 694, with the addition of the following modification:

Components contained in insulation-enclosed switchgear and controlgear which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC Publication 694 shall comply with and be tested in accordance with those specifications, taking into account the conditions given in the following sub-clauses.

The type tests are made on a representative functional unit. Because of the variety of types, rating and possible combinations of components, it is impracticable to subject all arrangements of the switchgear to type tests. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data of comparable arrangements.

Note. – A representative functional unit may take the form of one extensible unit. However, it may be necessary to bolt two or three such units together.

The type tests and verifications comprise:

	Sub-clause
1) *Normal type tests*	
a) Tests to verify the insulation level of the equipment including tests at power-frequency test voltages on auxiliary circuits:	6.1

Paragraphe(s)

b) Essais de vérification de l'échauffement de n'importe quelle partie de l'équipement et mesurage de la résistance du circuit principal: 6.3 et 6.4

c) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et de terre à supporter la valeur de crête du courant et le courant de courte durée admissible assignés: 6.5

d) Essais de vérification du pouvoir de fermeture et du pouvoir de coupure des appareils de connexion contenus dans l'équipement: 6.101

e) Essais de vérification du fonctionnement satisfaisant des appareils de connexion et des parties amovibles contenus dans l'équipement: 6.102

f) Essais de vérification de la protection des personnes contre l'approche des parties actives et le contact avec des parties en mouvement: 6.103

g) Essais de vérification de la protection des personnes contre les effets électriques dangereux: 6.104

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

h) Essais de vérification de la résistance mécanique de l'enveloppe isolante: 6.105

i) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne: 6.106

j) Essais pour déceler certains défauts dans l'isolation solide de l'équipement par le mesurage des décharges partielles: 6.1.9

k) Essais de vérification de la stabilité thermique des matériaux isolants: 6.107

l) Essais d'évaluation des effets de la condensation sur les surfaces isolantes: 6.108

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

6.1 *Essais diélectriques*

6.1.1 *Conditions de l'air ambiant pendant les essais*

Se référer au paragraphe 6.1.1 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

Si l'isolation de l'appareillage sous enveloppe isolante comprend de l'air à la pression atmosphérique, les essais diélectriques et le mesurage des décharges partielles sont effectués dans des conditions aussi proches que possible de l'atmosphère normalisée de référence (voir la Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais).

6.1.2 *Modalités des essais sous pluie*

La Publication 694 de la CEI n'est pas applicable, étant donné que l'appareillage sous enveloppe isolante ne convient que pour l'utilisation à l'intérieur.

	Sub-clause
b) Tests to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of the main circuit:	6.3 and 6.4
c) Tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents:	6.5
d) Tests to prove the making and breaking capacity of the included switching devices:	6.101
e) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices and removable parts:	6.102
f) Tests to verify the protection of persons against approach to live parts and contact with moving parts:	6.103
g) Tests to verify the protection of persons against dangerous electrical effects:	6.104
2) *Special type tests (subject to agreement between manufacturer and user)*	
h) Tests to prove the mechanical strength of the insulation enclosure:	6.105
i) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault:	6.106
j) Tests to detect certain defects in the solid insulation of the equipment by the measurement of partial discharges:	6.1.9
k) Tests to verify the thermal stability of insulating materials:	6.107
l) Tests to assess the effects of condensation on insulation surfaces:	6.108

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

6.1 *Dielectric tests*

6.1.1 *Ambient air conditions during tests*

Refer to Sub-clause 6.1.1 of IEC Publication 694, with the following supplement:

Where the insulation of insulation-enclosed switchgear and controlgear comprises atmospheric air, voltage tests and the measurement of partial discharges shall be made in conditions as near as possible to the standard reference atmosphere (see IEC Publication 60-1: High-voltage Test Techniques, Part I: General Definitions and Test Requirements).

6.1.2 *Wet test procedure*

IEC Publication 694 is not applicable as insulation-enclosed switchgear and controlgear is suitable only for indoor use.

6.1.3 *Etat de l'appareillage pendant les essais diélectriques*

Se référer au paragraphe 6.1.3 de la Publication 694 de la CEI pour ceux des essais qui sont applicables.

6.1.4 *Application de la tension d'essai et conditions d'essai*

La Publication 694 de la CEI n'est pas applicable. Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais auxquels le circuit principal est soumis. En principe sont compris les essais suivants:

a) A la terre et entre phases

Les tensions d'essai spécifiées au paragraphe 6.1.5 sont appliquées en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et des circuits auxiliaires sont reliés au conducteur de terre et à la borne de terre de la source d'essai.

Les zones de l'enveloppe isolante prévues pour reposer sur le sol ou pour être fixées aux murs sont recouvertes par des feuillets métalliques mis à la terre.

Afin de vérifier la conformité avec l'exigence du point *a)* du paragraphe 5.103.3, un feuillet métallique, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible mais n'excédant pas 100 cm^2, mis à la terre, est appliqué sur l'enveloppe isolante à l'endroit le plus défavorable pour l'essai sur le côté accessible pendant la manœuvre ou la maintenance. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai est répété à des endroits différents. Ce feuillet est 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 le constructeur et l'utilisateur, il est possible d'appliquer simultanément plus d'un feuillet métallique ou de recouvrir de plus grandes parties de l'enveloppe.

Note. – En cas d'essai d'un sous-ensemble, il convient que celui-ci comporte, s'il y a lieu, des jonctions de matériels enrobés d'isolant.

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

Note. – Les parties amovibles n'ont pas à subir ces essais diélectriques lorsqu'elles sont dans une position de sectionnement, d'essai ou de retrait.

Pour ces essais diélectriques, il est recommandé d'installer comme dans les conditions normales d'exploitation les transformateurs de courant, les déclencheurs directs ou indicateurs de surintensité éventuels et les boîtes d'extrémité de câbles (placées au besoin dans plusieurs configurations en cas de doute sur l'endroit le plus défavorable).

b) Sur la distance de sectionnement

Chaque distance de sectionnement du circuit principal doit être essayée aux tensions d'essai spécifiées au paragraphe 6.1.5. La distance de sectionnement peut s'entendre comme la distance entre les deux parties du circuit principal prévues pour être connectées par un appareil de connexion débroché ou retiré.

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

6.1.3 *Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests*

Refer to Sub-clause 6.1.3 of IEC Publication 694 for those tests which are applicable.

6.1.4 *Application of test voltages and test conditions*

IEC Publication 694 is not applicable. Because of the great variety of designs, it is not feasible to give specific indications of the tests to be performed on the main circuit. In principle, they shall cover the following tests:

a) To earth and between phases

The test voltages specified in Sub-clause 6.1.5 shall be applied by connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits 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 being fixed to the wall shall be covered by earthed metal foils.

In order to check compliance with the requirement of Item *a)* of Sub-clause 5.103.3 the insulation enclosure shall be covered, on the side accessible during operation or maintenance, in the most unfavourable situation for the test, with a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm^2 which shall be connected to earth. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated in different situations. This foil shall be applied on the external surface of the enclosure without protruding into small gaps. For convenience of testing, subject to agreement between manufacturer and user, more than one metal foil may be applied simultaneously or larger parts of the enclosure may be covered.

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

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

Note. – The removable parts are not to be subjected to these voltage tests whilst they are in the disconnected, test or removed position.

For these dielectric tests, current transformers, any direct overcurrent release or overcurrent indicator and the cable terminal boxes (placed, if necessary, in several configurations if in doubt about the most unfavourable situation) should be installed as in normal service.

b) Across the isolating distance

Each isolating distance of the main circuit shall be tested using the test voltages specified in Sub-clause 6.1.5. The 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.

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

Si, dans la position de sectionnement, il n'y a pas de volet métallique mis à la terre entre la partie fixe et la partie débrochable, les tensions d'essai spécifiées sur la distance de sectionnement sont appliquées:

- entre les contacts mobiles et les contacts fixes qui se correspondent, si, par inadvertance, les parties conductrices du circuit principal de la partie débrochable peuvent être touchées;
- entre les contacts fixes correspondant à un côté et les contacts fixes correspondant à l'autre côté, l'appareil de connexion de la partie débrochable étant fermé, s'ils ne peuvent pas être touchées par inadvertance.

c) Essais complémentaires

Si les exigences des points *d)* et *e)* du paragraphe 5.103.3 sont applicables, on vérifie l'aptitude requise à tenir, pendant 1 min, une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150% de la tension assignée.

Lorsque l'isolation est gazeuse ou liquide, la surface intérieure de l'enveloppe isolante située vis-à-vis des parties du circuit principal est recouverte pendant l'essai d'un feuillet métallique ou d'un tissu conducteur mis à la terre et la tension d'essai est appliquée entre le feuillet et toutes les parties du circuit principal connectées ensemble.

6.1.5 *Tensions d'essai*

Se référer au paragraphe 4.2.1 de la Publication 694 de la CEI.

Les tensions d'essai par rapport à la terre et entre phases sont choisies dans le tableau I, colonnes (2) ou (4) et (6) de la Publication 694 de la CEI, ou dans le tableau de l'annexe CC de la présente publication, colonnes (2) et (4). Les tensions d'essai sur la distance de sectionnement sont choisies dans le tableau I, colonnes (3) ou (5) et (7) de la Publication 694 de la CEI, ou dans le tableau de l'annexe CC, colonnes (3) et (5).

6.1.6 *Essais de tension de choc de foudre et de choc de manœuvre*

Se référer au paragraphe 6.1.6 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe isolante est seulement soumis aux essais de tension de choc de foudre.

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

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

Pendant les essais, la borne du générateur de choc raccordée à la terre doit être connectée au conducteur de terre de l'appareillage sauf que, pour les essais sur la distance de sectionnement (paragraphe 6.1.4, point *b)*), le conducteur de terre doit, en cas de nécessité, être isolé de la terre de telle façon que la tension entre une des parties actives et les pièces métalliques raccordées à ce conducteur de terre n'excède pas la tension spécifiée pour les essais diélectriques à la terre et entre phases (paragraphe 6.1.4, point *a)*).

La méthode d'essai conventionnel peut être appliquée après accord entre constructeur et utilisateur afin d'éviter la possibilité d'endommager l'isolation solide.

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

- between the fixed and moving contacts intended to engage, if conductive parts of the main circuit of the withdrawable part can inadvertently be touched;

- between the fixed contacts on one side and the fixed contacts on the other side, with the switching device of the withdrawable part in the closed position, if they cannot inadvertently be touched.

c) Complementary tests

If the requirements of Items *d)* and *e)* of Sub-clause 5.103.3 are applicable, evidence shall be given of the required ability to withstand a power-frequency test-voltage of 150% of the rated voltage for 1 min.

In the case of gaseous or liquid insulation, during the test the inner 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 foil and all parts of the main circuit connected together.

6.1.5 *Test voltages*

Refer to Sub-clause 4.2.1 of IEC Publication 694.

The test voltages to earth and between phases shall be selected from Table I, columns (2) or (4) and (6) of IEC Publication 694, or the table of Appendix CC of this Publication, columns (2) and (4). The test voltages across the isolating distance shall be selected from Table I, columns (3) or (5) and (7) of IEC Publication 694, or the table of Appendix CC, columns (3) and (5).

6.1.6 *Lightning and switching impulse voltage tests*

Refer to Sub-clause 6.1.6 of IEC Publication 694, with the addition of the following supplement:

Insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to lightning impulse voltage tests only.

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

Overvoltage protective devices shall be disconnected or removed. Current transformer secondaries shall be short-circuited and earthed. Current transformers with a low ratio may have their primaries short-circuited too.

During the tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the earthing conductor of the switchgear except that during the tests across an isolating distance (Sub-clause 6.1.4, Item *b)*), the earthing conductor 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 the earthing conductor will not exceed the voltage specified for voltage tests to earth and between phases (Sub-clause 6.1.4, Item *a)*).

The conventional test procedure may be applied subject to agreement between manufacturer and user in order to avoid possible damage to the solid insulation.

L'essai conventionnel de tenue au choc est exécuté en appliquant trois chocs consécutifs de chaque polarité. S'il ne se produit pas de décharge disruptive, on doit considérer que l'appareillage a satisfait à l'essai.

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

6.1.7 *Essais de tension à la fréquence industrielle du circuit principal*

Se référer au paragraphe 6.1.7 de la Publication 694 de la CEI, en ajoutant le complément suivant:

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe isolante sont seulement soumis aux essais de tension à fréquence industrielle à sec.

Les transformateurs de tension, de puissance ou les fusibles 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.

Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai est connectée à la terre ou au conducteur de terre de l'appareillage sauf que pour les essais sur la distance de sectionnement (paragraphe 6.1.4, point *b)*), le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension est connecté à la terre et au conducteur de mise à la terre pour empêcher que la tension entre une des parties actives et les pièces métalliques raccordées au conducteur de terre n'excède la tension spécifiée pour les essais diélectriques à la terre et entre phases (paragraphe 6.1.4, point *a)*).

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

6.1.8 *Essais de pollution artificielle*

La Publication 694 de la CEI n'est pas applicable.

6.1.9 *Essais de décharges partielles*

Le mesurage des décharges partielles convient pour déceler certaines anomalies dans l'équipement en essai et constitue un complément utile des essais diélectriques. L'expérience montre que, dans des dispositions particulières, les décharges partielles peuvent conduire à une dégradation de la tenue diélectrique de l'équipement, spécialement des isolants solides. Par ailleurs, il n'est pas encore possible d'établir une relation sûre entre les résultats des mesurages de décharges partielles et l'espérance de vie de l'équipement par suite de la complexité des systèmes d'isolation utilisés dans l'appareillage sous enveloppe isolante.

6.1.9.101 *Conditions d'application*

Le mesurage des décharges partielles est recommandé sur l'appareillage sous enveloppe isolante car les matériaux organiques y sont largement utilisés pour l'isolation, et il convient de le faire pour savoir, en corrélation avec les autres essais diélectriques, si les contraintes diélectriques qui résultent de la conception de l'équipement font apparaître des points faibles, et où sont localisés ces points faibles.

On ne peut pas donner de spécification générale relative à l'objet en essai en raison de la variété des conceptions. D'une façon générale, l'objet en essai comprend des

The conventional impulse withstand test shall be performed by applying three consecutive impulses for each polarity. If no disruptive discharge occurs, the switchgear shall be considered to have passed the test.

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

6.1.7 *Power-frequency voltage tests on the main circuit*

Refer to Sub-clause 6.1.7 of IEC Publication 694, with the addition of the following supplement:

The main circuits of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be subjected to power-frequency voltage tests in dry conditions only.

Voltage transformers, power transformers or fuses may be replaced by replicas reproducing the field configuration of the high-voltage connections. Overvoltage protecting devices may be disconnected or removed.

During the tests, one terminal of the test transformers shall be connected to earth and to the earthing conductor of the switchgear except that during the tests across an isolating distance (Sub-clause 6.1.4, Item *b)*), 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 for voltage tests to earth and between phases (Sub-clause 6.1.4, Item *a)*).

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.

6.1.8 *Artificial pollution tests*

IEC Publication 694 is not applicable.

6.1.9 *Partial discharge tests*

The measurement of partial discharges is a suitable means of detecting certain defects in the equipment under test and is a useful complement to the dielectric tests. Experience shows that partial discharges may lead in particular arrangements to a degradation in the dielectric strength of the equipment, especially of solid insulation. On the other hand, it is not possible to establish a reliable relationship between the results of partial discharge measurements and the life expectancy of the equipment owing to the complexity of the insulation systems used in insulation-enclosed switchgear and controlgear.

6.1.9.101 *Application*

The measurement of partial discharges is recommended for insulation-enclosed switchgear and controlgear as organic insulating materials are largely used therein, and should be made to show, in correlation with the other dielectric tests, if and where there are weak points with respect to the dielectric stresses resulting from the design of the equipment.

Because of the design variations a general specification for the test object cannot be given. In general, the test object should consist of assemblies or sub-assemblies with

ensembles ou des sous-ensembles avec des contraintes diélectriques identiques à celles que subirait l'équipement complètement assemblé.

Notes 1. – Les objets en essai constituent de préférence un ensemble complet. Dans le cas d'un appareillage intégré, spécialement quand les différentes parties sous tension et les connexions sont enrobées d'un isolant solide, les essais sont nécessairement faits sur un ensemble complet.

2. – Dans le cas de construction à partir d'une combinaison de matériels conventionnels (par exemple transformateurs de mesure, traversées), qui peuvent être essayés séparément suivant les normes de la CEI les concernant, le but de l'essai de décharges partielles est de contrôler l'assemblage des matériels dans l'ensemble.

Si des essais de décharges partielles sont faits, ils doivent être effectués avant et après les essais de tension de choc de foudre et à fréquence industrielle et, pour des raisons techniques et économiques, sur les ensembles ou sous-ensembles utilisés pour ces essais diélectriques.

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

6.1.9.102 *Circuits d'essai et appareils de mesure*

Les circuits d'essai et les appareils de mesure recommandés, ainsi que les méthodes d'étalonnage, sont indiqués dans la Publication 270 de la CEI: Mesure des décharges partielles.

L'équipement triphasé est essayé soit sur un circuit d'essai monophasé, soit sur un circuit d'essai triphasé (voir tableau II).

a) Circuit d'essai monophasé

Méthode A

A utiliser comme une méthode générale pour l'équipement conçu pour être mis en service sur les réseaux où le neutre est ou n'est pas directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, chacune des phases est reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases ainsi que toutes les parties mises à la terre en service étant mises à la terre.

Méthode B

A utiliser seulement pour l'équipement conçu exclusivement pour être mis en service sur les réseaux où le neutre est directement mis à la terre.

Pour mesurer l'intensité des décharges partielles, deux dispositions d'essai sont utilisées.

Premièrement, les mesurages sont faits à la tension d'essai de 1,1 U (U est la tension assignée). Chacune des phases est reliée successivement à la source de tension d'essai, les deux autres phases étant mises à la terre. Il est nécessaire d'isoler ou d'enlever toutes les parties métalliques mises à la terre en service normal.

Un mesurage complémentaire doit être fait à la tension d'essai réduite de 1,1 $U/\sqrt{3}$, au cours duquel les parties qui sont à la terre en service sont mises à la terre et les trois phases sont reliées entre elles et à la source de tension d'essai.

b) Circuit d'essai triphasé

Si l'on dispose des moyens d'essais convenables, le mesurage des décharges partielles peut être effectué en triphasé.

Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser trois condensateurs de couplage connectés suivant la figure 1, page 68. On peut utiliser un seul détecteur de décharges, relié successivement aux trois impédances de mesure.

dielectric stresses identical to those which would occur in the complete assembly of the equipment.

Notes 1. – Test objects consisting of a complete assembly are to be preferred. In the case of integrated switchgear design, especially where various live parts and connections are embedded in solid insulation, tests on a complete assembly are necessary.

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

If partial discharge tests are made, they shall be carried out before and after the lightning impulse and power frequency voltage tests, and, for technical and economic reasons, on the same assemblies or sub-assemblies as used for these dielectric tests.

Note. – This measurement may be carried out on assemblies or sub-assemblies provided that discharges are eliminated which do not concern the solid insulation under test.

6.1.9.102 *Test circuits and measuring instruments*

The test circuits and measuring instruments recommended and methods of calibration are given in IEC Publication 270: Partial Discharge Measurements.

Three-phase equipment is tested either in a single-phase or in a three-phase test circuit (see Table II).

a) Single-phase test circuit

Procedure A

To be used as a general method for equipment designed for use in systems with or without solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, each phase shall be connected successively to the test voltage source, the other two phases and all the parts earthed in service being earthed.

Procedure B

To be used only for equipment exclusively designed for use in systems with solidly earthed neutral.

For measuring the partial discharge quantities, two test arrangements shall be used.

At first, measurements shall be made at a test voltage of 1.1 U (U is the rated voltage). Each phase shall be connected successively to the test voltage source, the other two phases being earthed. It is necessary to insulate or to remove all the metal parts normally earthed in service.

An additional measurement shall be made at a reduced test voltage of $1.1\ U/\sqrt{3}$ during which the parts being earthed in service are earthed and the three phases connected to the test voltage source are bridged.

b) Three-phase test circuit

When suitable test facilities are available, the partial discharge tests may be carried out in a three-phase test circuit.

In this case, it is recommended to use three coupling capacitors connected as shown in Figure 1, page 68. One discharge detector can be used, which is connected successively to the three measuring impedances.

Pour l'étalonnage du détecteur sur une position de mesure de la disposition triphasée, injecter des impulsions de courte durée de courant de charge connu, entre chacune des phases prises à tour de rôle et la terre. Pour déterminer l'intensité de décharge, utiliser l'étalonnage qui donne la plus petite déviation.

6.1.9.103 *Méthode d'essai*

On élève la tension d'essai à fréquence industrielle à au moins 1,3 U ou 1,3 $U/\sqrt{3}$ suivant le circuit d'essai, et on la maintient à cette valeur pendant au moins 10 s*.

On fait ensuite décroître sans interruption la tension jusqu'à 1,1 U ou 1,1 $U/\sqrt{3}$ suivant le circuit d'essai, et l'intensité des décharges partielles est mesurée à ces tensions d'essai.

Note. – Si cela est possible compte tenu du niveau de bruit de fond existant, il convient d'enregistrer à titre de renseignement complémentaire les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles.

En général, les essais sur des ensembles et des sous-ensembles devront être faits avec les appareils de connexion fermés. Dans le cas de sectionneurs où la détérioration de l'isolation entre les contacts ouverts par les décharges partielles est concevable, il convient d'effectuer un mesurage complémentaire de décharges partielles avec le sectionneur ouvert.

6.1.9.104 *Intensité maximale admissible des décharges partielles*

L'intensité maximale admissible des décharges partielles à 1,1 U et/ou à 1,1 $U/\sqrt{3}$ doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Note. – Des valeurs limites des l'intensité de décharges partielles ne peuvent pas être spécifiées tant qu'on ne dispose pas de renseignements complémentaires bien établis. Pour l'instant, ces valeurs sont données sous la responsabilité du constructeur ou, pour les essais de réception, font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

A seul titre de renseignement, les intensités maximales admissibles des décharges partielles, mesurées à 1,1 $U/\sqrt{3}$ et paraissant acceptables compte tenu de l'expérience, sont indiquées ci-dessous pour quelques matériels:

- traversées à isolation en résine coulée: 20×10^{-12} C;
- traversées isolées au papier enduit de résine: 100×10^{-12} C;
- transformateurs de mesure à isolation solide: 50×10^{-12} C;
- transformateurs de mesure à isolation imprégnée de liquide: 10×10^{-12} C.

Note. – Ces intensités ne s'appliquent pas nécessairement à d'autres matériels ni à des ensembles ou sous-ensembles d'appareillage.
D'une façon générale, l'intensité admissible pour un ensemble ou un sous-ensemble devrait être égale à la plus élevée des intensités admissibles pour ses matériels.

6.1.10 *Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande*

Se référer au paragraphe 6.1.10 de la Publication 694 de la CEI, qui est applicable à tous les circuits auxiliaires à basse tension.

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

---

* En variante, on peut effectuer l'essai de décharges partielles au cours de la décroissance de la tension après les essais de tension à fréquence industrielle.

For calibration of the detector in one measuring position of the three-phase arrangement, short-duration current pulses of known charge are injected between each phase in turn and earth. The calibration giving the lowest deflection is used for the determination of the discharge quantity.

6.1.9.103 *Test procedure*

The power-frequency test voltage is raised to at least 1.3 U or 1.3 $U/\sqrt{3}$ in accordance with the test circuit and maintained at this value for at least 10 s*.

The voltage is then decreased without interruption to 1.1 U or 1.1 $U/\sqrt{3}$ in accordance with the test circuit and the partial discharge quantities are measured at these test voltages.

Note. – If possible, taking into account the actual background noise level, the partial discharge inception and the partial discharge extinction voltages should be recorded as additional information.

In general, tests on assemblies or sub-assemblies should be made with the switching devices in the closed position. In the case of disconnectors where deterioration of the insulation between the open contacts by partial discharges is conceivable, additional partial discharge measurements should be made with the disconnector in the open position.

6.1.9.104 *Maximum permissible partial discharge intensity*

The maximum permissible partial discharge intensity at 1.1 U and/or 1.1 $U/\sqrt{3}$ shall be agreed between manufacturer and user.

Note. – Limit values of the partial discharge intensity cannot be specified until further substantiated information is available. For the time being, these values are the responsibility of the manufacturer or, in the case of acceptance tests, are subject to agreement between manufacturer and user.

For information only, the maximum permissible partial discharge intensities measured at 1.1 $U/\sqrt{3}$ and seeming acceptable on the basis of practical experience are given below for:

- bushings with cast resin insulation: 20×10^{-12} C;
- bushings with resin-bonded paper: 100×10^{-12} C;
- instrument transformers with solid insulation: 50×10^{-12} C;
- instrument transformers with liquid-impregnated insulation: 10×10^{-12} C.

Note. – These intensities do not necessarily apply to other components or to assemblies or sub-assemblies of the switchgear.
As a general rule, the intensity permitted for an assembly or sub-assembly should be the highest value permitted for its components.

6.1.10 *Dielectric tests on auxiliary and control circuits*

Refer to Sub-clause 6.1.10 of IEC Publication 694 which is applicable to all low voltage auxiliary circuits.

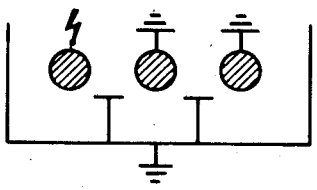
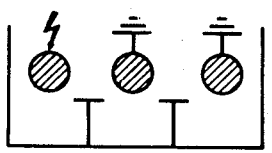
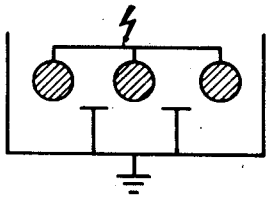
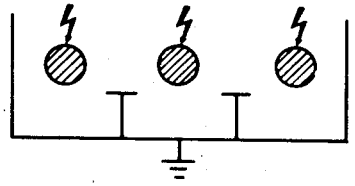
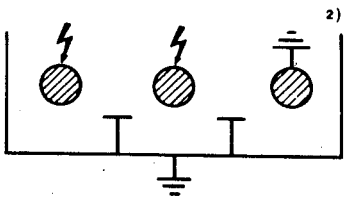
Current transformer secondaries shall be short-circuited and disconnected from earth. Voltage transformer secondaries shall be disconnected.

---

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

TABLEAU II

Circuits et procédures d'essai de décharges partielles

	Essai monophasé			Essai triphasé
	Méthode A	Méthode B		
Source de tension connectée à	Chaque phase successivement	Chaque phase successivement	Les trois phases simultanément	Les trois phases (figure 1)
Eléments reliés à la terre	Les deux autres phases et toutes les parties à la terre en service	Les deux autres phases	Toutes les parties á la terre en service	Toutes les parties à la terre en service
Tension minimale de précontrainte	1,3 U	1,3 U	1,3 $U/\sqrt{3}$	1,3 U [1]
Tension d'essai	1,1 U	1,1 U	1,1 $U/\sqrt{3}$	1,1 U [1]
Schéma de principe				  [2]

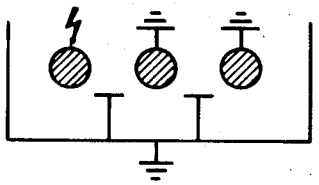
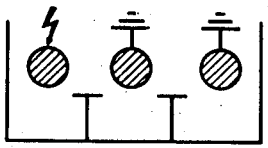
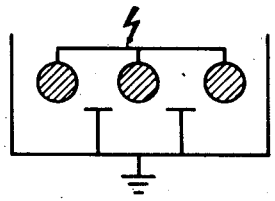
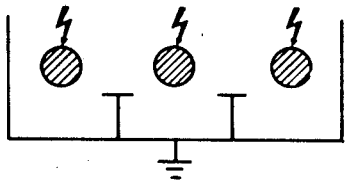
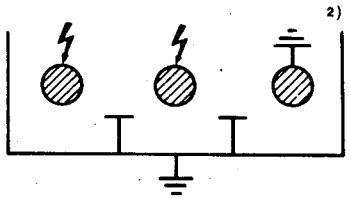
[1] Tension entre phases.

[2] Essai complémentaire dans le cas d'un réseau dont le neutre n'est pas directement mis à la terre (pour essais de type seulement).

466 © CEI 1987

TABLE II

Partial discharge test circuits and procedures

	Single-phase testing			Three-phase testing
	Procedure A	Procedure B		
Voltage source connected to	Each phase successively	Each phase successively	Three phases simultaneously	Three phases (Figure 1)
Earth-connected elements	Both the other phases and all the parts earthed in service	Both the other phases	All the parts earthed in service	All the parts earthed in service
Minimum prestress voltage	1.3 U	1.3 U	1.3 $U/\sqrt{3}$	1.3 U [1]
Test voltage	1.1 U	1.1 U	1.1 $U/\sqrt{3}$	1.1 U [1]
Basic diagram				  [2]

[1] Voltage between phases.

[2] Additional test in case of a system without solidly earthed neutral (for type tests only).

6.2 *Essais de tension de perturbation radioélectrique*

La Publication 694 de la CEI n'est pas applicable.

6.3 *Essais d'échauffement*

Se référer au paragraphe 6.3 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

Quand il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, l'essai est effectué avec les matériels ou dispositions donnant les conditions les plus sévères. L'unité fonctionnelle représentative est montée approximativement comme dans les conditions normales d'exploitation, avec toutes les enveloppes normalement prévues pour les différentes parties, et les capots et les portes fermés.

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

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

Les échauffements des différents matériels s'entendent par rapport à la température de l'air ambiant extérieur à l'enveloppe et ne doivent pas excéder les valeurs spécifiées dans les normes dont relèvent ces matériels.

6.4 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

Se référer au paragraphe 6.4 de la Publication 694 de la CEI.

6.5 *Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles*

Se référer au paragraphe 6.5 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

6.5.101 *Essais des circuits principaux*

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

Il est recommandé d'effectuer de préférence les essais au courant de court-circuit en triphasé. La valeur efficace du courant de court-circuit pendant l'essai est obtenue en appliquant le courant de courte durée admissible assigné au circuit principal de l'appareillage.

Les connexions courtes et directes entre les circuits à grand courant de court-circuit et les appareils limiteurs de courant peuvent être essayées avec un courant de court-circuit réduit.

6.2 *Radio interference voltage (RIV) tests*

IEC Publication 694 is not applicable.

6.3 *Temperature-rise tests*

Refer to Sub-clause 6.3 of IEC Publication 694 with the addition of the following supplement:

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

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

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

The temperature rises of the different components shall be referred to the ambient air temperature outside the enclosure and shall not exceed the values specified for them in the relevant standards.

6.4 *Measurement of the resistance of the main circuit*

Refer to Sub-clause 6.4 of IEC Publication 694.

6.5 *Short-time and peak withstand current tests*

Refer to Sub-clause 6.5 of IEC Publication 694 with the addition of the following supplement:

6.5.101 *Tests on main circuits*

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

The short-circuit current tests should preferably be carried out three-phase. The r.m.s. value of the short-circuit current during the test shall be obtained by applying the rated short-time withstand current to the main circuit of the switchgear.

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.

A l'exception des dispositifs de protection destinés à limiter l'intensité et la durée du courant de court-circuit, il y a lieu de veiller à ce qu'aucun dispositif de protection ne fonctionne. Les transformateurs de courant et les déclencheurs éventuels sont installés, comme dans les conditions normales d'exploitation, en empêchant toutefois le fonctionnement des déclencheurs.

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

Après l'essai, les matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent accuser ni déformation ni détérioration nuisible au bon fonctionnement des circuits principaux et en particulier les propriétés isolantes de l'enveloppe isolante doivent demeurer intactes. Il peut être possible de détecter la présence de fissures dans l'isolation des composants enrobés d'isolant en effectuant un essai de décharges partielles (voir paragraphe 6.1.9).

6.5.102 *Essais des circuits de terre*

Les conducteurs de terre, les connexions de terre et les appareils de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante sont soumis à des essais en vue de vérifier leur tenue au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles assignés dans les conditions de mise à la terre du neutre du réseau, c'est-à-dire qu'ils sont essayés selon leur disposition dans l'appareillage avec tous les matériels qui peuvent influer sur leur comportement ou modifier le courant de court-circuit.

Il est recommandé d'effectuer de préférence les essais des appareils de mise à la terre en triphasé.

S'il existe des parties amovibles avec des parties mises à la terre, leurs connexions de terre sont essayées dans les conditions correspondant au défaut de terre. Le courant du défaut de terre circule entre le conducteur de terre et les parties mises à la terre de la partie amovible. La connexion de terre entre deux parties amovibles, s'il y en a une, est également essayée.

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

6.101 *Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure*

En vue de vérifier leurs pouvoirs de fermeture et de coupure assignés, les appareils de connexion faisant partie du circuit principal de l'appareillage sous enveloppe isolante sont essayés conformément aux normes dont ils relèvent et dans les conditions propres d'installation et d'emploi, c'est-à-dire qu'ils sont essayés selon leur disposition normale dans l'appareillage avec tous les matériels dont la disposition peut influer sur leur comportement, tels que connexions, supports, dispositifs d'échappement, etc.

Note. – Lors de l'examen des matériels associés susceptibles d'influer sur le comportement, il est recommandé de porter une attention particulière aux efforts mécaniques dus au court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, à la possibilité de décharges disruptives, etc. Il est toutefois reconnu que l'influence de ces facteurs est tout à fait négligeable dans certains cas.

6.102 *Essais de fonctionnement mécanique*

With the exception of protective devices which limit the value and the duration of the short-circuit current, it is necessary to ensure that no protective device operates. Current transformers and tripping devices which may be present shall be installed as in normal service, but with the release made inoperative.

Current-limiting fuses, if any, shall be provided with fuse-links having the maximum rated current specified.

After the test no deformation or damage to components or conductors within the enclosure which may impair satisfactory operation of the main circuits shall have been sustained and the insulating properties of the insulation enclosure shall in particular be unimpaired. It may be possible to detect the presence of cracks in the insulation of insulation-embedded components by performing a partial discharge test (see Sub-clause 6.1.9).

6.5.102 *Tests on earthing circuits*

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be tested to verify their capability to withstand the rated short-time and peak withstand current under the neutral earthing condition of the system, i.e. they shall be tested as installed in the switchgear with all components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

The short-circuit current tests with earthing devices should preferably be carried out in a three-phase test circuit.

When there are removable parts with earthed parts, their earthing connections shall be tested under earth fault conditions. The earth fault current shall flow between the earthing conductor and the earthed parts of the removable part. The earthing connection between two removable parts, if any, shall also be tested.

After the test some deformation and degradation of the earthing conductor, earthing connections or earthing devices is permissible, but the continuity of the circuit shall be preserved.

6.101 *Verification of making and breaking capacities*

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

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

6.102 *Mechanical operation tests*

6.102.1 *Appareils de connexion et parties amovibles*

Les appareils de connexion sont manœuvrés 50 fois, et les parties amovibles embrochées 25 fois et débrochées 25 fois, pour vérifier le bon fonctionnement de l'équipement.

6.102.2 *Verrouillages*

Les verrouillages sont placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion et l'embrochage ou le débrochage des parties amovibles. Les appareils de connexion doivent subir 50 tentatives de manœuvre et les parties amovibles 25 tentatives d'embrochage et 25 tentatives de débrochage. Pendant ces essais, on n'applique que l'effort de manœuvre normal et on ne se livre à aucun réglage sur les appareils de connexion, les parties amovibles ou les verrouillages.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si

a) on ne peut pas manœuvrer les appareils de connexion;

b) on ne peut ni embrocher ni débrocher les parties amovibles;

c) les appareils de connexion, les parties amovibles et les verrouillages restent en bon état de fonctionnement et l'effort nécessaire à leur manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

6.103 *Vérification du degré de protection*

Les essais sont effectués suivant les spécifications de l'article 7 de la Publication 529 de la CEI pour le premier chiffre caractéristique correspondant.

On vérifie que les instruments d'essai selon le tableau III ne peuvent:

- ni causer un abaissement de la rigidité diélectrique du circuit principal au-dessous du niveau d'isolement assigné;
- ni toucher les parties en mouvement à l'intérieur de l'enveloppe;
- en outre, dans le cas de IP2X, la sphère rigide spécifiée ne passe pas à travers les ouvertures de l'enveloppe.

Cependant, l'essai ne doit être fait que s'il existe des doutes sur la conformité avec ces exigences.

TABLEAU III

Degré de protection	Instruments d'essai
IP2X	Doigt d'épreuve métallique normalisé et sphère rigide de $12^{+0,05}_{0}$ mm de diamètre
IP3X	Fil d'acier rigide de $2,5^{+0,05}_{0}$ mm de diamètre
IP4X	Fil d'acier rigide de $1,0^{+0,05}_{0}$ mm de diamètre

6.104 *Mesurage des courants de fuite*

Pour vérifier la conformité aux exigences du point *c)* du paragraphe 5.103.3 le circuit principal de l'appareillage sous enveloppe isolante est connecté, au choix du constructeur,

6.102.1 *Switching devices and removable parts*

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

6.102.2 *Interlocks*

The interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching devices and the insertion or withdrawal of removable parts. Fifty attempts shall be made to operate the switching devices and 25 attempts shall be made to insert and 25 attempts to withdraw the removable parts. During these tests only normal operating force shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices, removable parts or interlocks.

The interlocks are considered satisfactory, if

a) the switching devices cannot be operated;

b) the insertion and withdrawal of the removable parts is prevented;

c) the switching devices, removable parts and the interlocks are in proper working order and the effort to operate them is practically the same before and after the tests.

6.103 *Verification of the degree of protection*

The tests shall be performed in accordance with the specifications in Clause 7 of IEC Publication 529 for the appropriate first characteristic numeral.

It shall be verified that the test instruments according to Table III cannot either:

- cause a lowering of the dielectric strength of the main circuit below the rated insulation level, or
- touch moving parts inside the enclosure,
- and in the case of IP2X, the specified rigid sphere does not pass through openings in the enclosure.

However, the test shall be made only if there are doubts on compliance with these requirements.

TABLE III

Degree of protection	Test instruments
IP2X	Standard metal test finger and rigid sphere of $12^{+0.05}_{0}$ mm diameter
IP3X	Straight rigid steel wire of $2.5^{+0.05}_{0}$ mm diameter
IP4X	Straight rigid steel wire of $1.0^{+0.05}_{0}$ mm diameter

6.104 *Measurement of leakage currents*

In order to check compliance with the requirement of item *c)* of Sub-clause 5.103.3, the main circuit of the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall, at the

soit à une source triphasée à fréquence industrielle dont la tension est égale à la tension assignée, une phase étant mise à la terre, soit à une source monophasée dont la tension est égale à la tension assignée, les parties actives du circuit principal étant connectées entre elles. Pour les essais en triphasé, trois mesurages sont faits avec les différentes phases de la source reliées successivement à la terre. Dans le cas d'essais en monophasé, un seul mesurage suffit.

Un feuillet métallique est appliqué à l'endroit le plus défavorable pour l'essai sur la surface accessible de l'enveloppe isolante. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai est répété avec le feuillet appliqué à des endroits différents.

Le feuillet métallique, approximativement circulaire ou carré, est aussi grand que possible, mais de surface n'excédant pas 100 cm^2; il est connecté au conducteur de terre. Le courant de fuite s'écoulant à la terre par le feuillet métallique est mesuré, l'isolation étant sèche et propre.

Pour vérifier la conformité à l'exigence des courants de fuite sur la distance de sectionnement des sectionneurs (paragraphe 5.105) la tension d'essai monophasée ou triphasée est appliquée à l'un des côtés du sectionneur ouvert, l'autre côté étant mis à la terre à travers un instrument de mesure.

Si la valeur du courant de fuite mesurée est supérieure à 0,5 mA, l'enveloppe isolante ne fournit pas la protection exigée par la présente norme.

Le mesurage des courants de fuite n'est pas nécessaire si l'une des exigences suivantes est remplie:

a) des parties métalliques mises à la terre et disposées de manière appropriée permettent d'assurer que les courants de fuite ne peuvent atteindre les parties accessibles de l'enveloppe;

b) un espace gazeux, de rigidité diélectrique suffisante pour supporter une tension égale à 150% de la tension assignée, est disposé entre les parties du circuit principal et la surface intérieure de l'enveloppe en face de ces parties.

Note. – La deuxième exigence, 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 exigence pour être dispensé du mesurage des courants de fuite.

Le courant de fuite doit être mesuré dans des conditions présentant des phénomènes de condensation et de pollution légère sur les surfaces accessibles de l'enveloppe isolante à la suite de l'essai à l'humidité conformément au paragraphe 6.108, si un tel essai a été convenu.

6.105 *Essai de résistance mécanique*

La résistance mécanique des enveloppes isolantes est 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 constructeur et utilisateur, les chocs appliqués sont de 1 Nm.

La tête du marteau servant à exercer les chocs a 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 qui est représenté sur la figure 2, page 69, est recommandé.

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

discretion of the manufacturer, be connected either to a three-phase supply of power-frequency voltage equal to the rated voltage, with one phase connected to earth, or a single-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, the live parts of the main circuit being connected together. For three-phase tests, three measurements shall be made with the different phases of the supply successively connected to earth. In the case of single-phase tests, only one measurement is necessary.

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

The metal foil shall be approximately circular or square, having an area as large as possible but not exceeding 100 cm^2 and shall be connected to the earthing conductor. The leakage current flowing through the metal foil to earth shall be measured with the insulation dry and clean.

In order to check compliance with the requirement of leakage currents across the isolating distance of disconnectors (Sub-clause 5.105), the single-phase or three-phase test voltage shall be applied to one side of the open disconnector, the other side being earthed through a measuring instrument.

If the value of the leakage current measured is more than 0.5 mA, the insulation enclosure does not provide the protection required by this standard.

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

a) if it is ensured by earthed metal parts arranged in an appropriate manner that leakage currents cannot reach the accessible parts of the enclosure;

b) if 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 inner 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.

The leakage current shall be measured also in conditions representing condensation and light pollution on the accessible surfaces of the insulation enclosure after the humidity test according to Sub-clause 6.108, if such a test was agreed.

6.105 *Mechanical strength test*

The mechanical strength of insulation enclosures shall be verified by an impact test during which blows are applied to the points of the enclosure that are likely to be the weakest. Three blows shall be 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 69, is recommended.

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

6.106 *Essai en cas d'arc dû à un défaut interne*

Cet essai est soumis à accord entre constructeur et utilisateur. Si un tel essai est décidé, la procédure doit être conforme à celle qui est décrite dans l'annexe AA.

Note. – L'essai représente les effets d'un arc interne amorcé entièrement dans l'air atmosphérique à l'intérieur de l'enveloppe isolante avec les portes et capots fermés; mais il ne peut pas couvrir tous les cas, particulièrement les défauts qui se produisent dans les matériels et/ou dans des milieux isolants autres que l'air atmosphérique.

6.107 *Essai de stabilité thermique*

Dans le cas où la majeure partie de l'isolation entre les parties conductrices se compose d'une isolation solide, le constructeur doit fournir la preuve que la stabilité des matériaux isolants utilisés ne sera pas détruite par les contraintes électriques et par les influences thermiques.

Cette preuve peut être fournie sous la forme d'essais effectués sur des configurations comparables, à partir des propriétés des matériaux isolants (pertes diélectriques en fonction de la température) ou en effectuant un essai de stabilité thermique sur l'équipement entier ou sur une partie représentative de ce dernier.

Cet essai n'a pas besoin d'être effectué si un milieu gazeux ou liquide forme la majeure partie de l'isolation.

L'essai de stabilité thermique consiste en un essai de 100 h, à une tension à fréquence industrielle égale à 180% de la tension assignée, à la température atteinte au cours d'un essai d'échauffement effectué conformément au paragraphe 6.3 et à une température de l'air ambiant de 40 °C.

Le circuit principal est 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 sont reliés à la terre.

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.

S'il ne se produit pas de décharge disruptive, on doit considérer que l'appareillage sous enveloppe isolante a satisfait à l'essai.

6.108 *Essai à l'humidité*

L'essai à l'humidité n'est effectué en principe qu'à la demande expresse de l'utilisateur. La procédure d'essai est donnée à l'annexe BB.

6.109 *Essais de vieillissement*

Les procédures d'essai sont à l'étude.

7. Essais individuels de série

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

Se référer à l'article 7 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant les essais individuels suivants:

6.106 *Test under conditions of arcing due to internal fault*

This test is subject to agreement between manufacturer and user. If such a test is agreed, the procedure shall be in accordance with that described in Appendix AA.

Note. – The test procedure represents the effects of an internal arc occurring entirely in atmospheric air within the insulation enclosure when doors and covers are closed, but does not cover all cases, particularly those faults occurring within components and/or insulating media other than atmospheric air.

6.107 *Thermal stability test*

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

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

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

The thermal stability test consists of a 100 h test with a power-frequency voltage of 180% of the rated voltage at the temperature reached during a temperature-rise test according to Sub-clause 6.3 at an ambient air temperature of 40 °C.

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

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

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

6.108 *Humidity test*

The humidity test should be made only at the special request of the user. The test procedure is given in Appendix BB.

6.109 *Ageing tests*

Test methods are under consideration.

7. Routine tests

The routine test shall be carried out on each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's works to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type test has been carried out.

Refer to Clause 7 of IEC Publication 694 with the addition of the following routine tests:

Paragraphes:

- essais de fonctionnement mécanique: 7.101
- essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques: 7.102
- vérification de l'exactitude de la filerie: 7.103
- mesurage des décharges partielles: 7.104

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

7.1 *Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal*

Se référer au paragraphe 7.1 de la Publication 694 de la CEI en ajoutant le complément suivant:

Les modalités d'essai comportent deux variantes:

a) Si l'appareillage sous enveloppe isolante est un ensemble de matériels qui n'ont pas été essayés individuellement, tous les essais suivant le paragraphe 6.1.4 doivent être effectués, à l'exception des essais de tension aux chocs de foudre.

b) Si l'appareillage sous enveloppe isolante est un ensemble de matériels dont chacun a déjà subi les essais individuels appropriés, les essais selon le présent paragraphe servent en principe à vérifier les raccordements et l'enveloppe isolante.

L'essai de tension à fréquence industrielle doit être effectué suivant les exigences du paragraphe 6.1.7. La tension d'essai spécifiée au tableau I, colonne (6), de la Publication 694 de la CEI ou dans le tableau de l'annexe CC, colonne (4), est appliquée en reliant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai, les conducteurs des autres phases étant reliés à la terre, et la continuité du circuit principal étant assurée (par exemple en fermant les appareils de connexion, ou d'une autre manière).

Afin de vérifier la conformité à l'exigence du point *a)* du paragraphe 5.103.3, un feuillet métallique de surface n'excédant pas 100 cm² et mis à la terre est appliqué sur le côté accessible de l'enveloppe isolante, à l'endroit le plus défavorable pour l'essai.

Note. – Sur demande spéciale de l'utilisateur, et en plus de ces essais individuels de série dans les usines du constructeur, des essais diélectriques à tension réduite peuvent être effectués après montage sur le site (voir annexe DD).

7.2 *Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande*

Se référer au paragraphe 7.2 de la Publication 694 de la CEI.

7.3 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

La Publication 694 de la CEI n'est pas applicable. Après accord entre constructeur et utilisateur, la chute de tension en courant continu ou la résistance de chaque phase du circuit principal doit être mesurée dans des conditions aussi proches que possible des conditions dans lesquelles l'essai de type correspondant a été effectué.

7.101 *Essais de fonctionnement mécanique*

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

	Sub-clause
– mechanical operation tests:	7.101
– tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices:	7.102
– verification of the correct wiring:	7.103
– partial discharge measurement:	7.104

Note. – It may be necessary to verify the interchangeability of components of the same rating and construction (see Clause 5).

7.1 *Power-frequency voltage tests on the main circuit*

Refer to Sub-clause 7.1 of IEC Publication 694 with the addition of the following supplement:

There are two alternative procedures:

a) If the insulation-enclosed switchgear and controlgear is an assembly of components which have not been tested individually, all the tests according to Sub-clause 6.1.4 shall be carried out except for lightning impulse voltage tests.

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

The power-frequency voltage test shall be performed according to the requirements in Sub-clause 6.1.7. The test voltage specified in Table I, column (6), of IEC Publication 694 or in the table of Appendix CC, column (4), shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply, with the other phase conductors connected to earth, and the continuity of the main circuit ensured (e.g. by closing the switching devices or otherwise).

In order to check compliance with the requirement of item *a)* of Sub-clause 5.103.3 the insulation enclosure shall be covered, on the accessible side in the most unfavourable situation for the test, with a metal foil not exceeding 100 cm^2 connected to earth.

Note. – On special request by the user and in addition to these routine tests at the manufacturer's premises, dielectric tests with a reduced test voltage may be performed after erection on site (see Appendix DD).

7.2 *Dielectric tests on auxiliary and control circuits*

Refer to Sub-clause 7.2 of IEC Publication 694.

7.3 *Measurement of the resistance of the main circuit*

IEC Publication 694 is not applicable. Subject to agreement between manufacturer and user, the d.c. voltage drop or resistance of each phase of the main circuit shall be measured under conditions as nearly as possible similar to those under which the corresponding type test was carried out.

7.101 *Mechanical operation tests*

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

Pendant ces essais, qui sont effectués sans tension ni courant dans les circuits principaux, on vérifie en particulier que les appareils de connexion s'ouvrent et se ferment correctement dans les limites spécifiées de la tension et de la pression d'alimentation de leurs dispositifs de manœuvre.

Chaque appareil de connexion et chaque partie amovible sont essayés comme il est spécifié au paragraphe 6.102, mais en effectuant seulement cinq manœuvres ou cinq tentatives de manœuvre dans chaque direction.

7.102 *Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques*

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvre prédéterminée sont essayés cinq fois de suite, dans les conditions prévues d'emploi et de fonctionnement, pour les valeurs limites les plus défavorables de la source auxiliaire. Pendant l'essai, on n'effectue aucun réglage.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les dispositifs auxiliaires ont fonctionné correctement, s'ils sont en bon état de fonctionnement après les essais et si l'effort nécessaire à leur manœuvre est pratiquement le même avant et après les essais.

7.103 *Vérification de l'exactitude de la filerie*

On vérifie que la filerie est conforme au schéma.

7.104 *Mesurage des décharges partielles*

Le mesurage des décharges partielles est recommandé pour déceler les anomalies possibles de matière ou de fabrication. Il peut aussi être considéré comme essai de réception mais seulement après accord entre constructeur et utilisateur.

L'essai de décharges partielles peut aussi être effectué sur des matériels.

Les critères à considérer pour juger de la nécessité d'effectuer un essai de décharges partielles sont par exemple:

a) L'expérience pratique en service, y compris les résultats de tels essais au cours d'une période de fabrication.

b) La valeur de l'intensité du champ électrique dans la zone la plus contrainte de l'isolation solide.

c) Le type de matériau isolant utilisé dans l'équipement comme partie de l'isolation principale.

8. Guide pour le choix de l'appareillage selon le service

Pour une certaine contrainte en service, l'appareillage sous enveloppe isolante est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses matériels, exigées par les conditions en charge normale et les conditions en cas de défaut.

Il est souhaitable que les caractéristiques assignées soient choisies comme le propose la présente norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'article 4.

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

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

Each switching device and each removable part shall be tested as specified in Sub-clause 6.102, but substituting five operations or five attempts in each direction.

7.102 *Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices*

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

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

7.103 *Verification of the correct wiring*

It shall be verified that the wiring conforms with the diagram.

7.104 *Partial discharge measurement*

The measurement of partial discharges is recommended to detect possible material and manufacturing defects. It may also be used as an acceptance test but only if agreed between manufacturer and user.

The partial discharge test may also be carried out on components.

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

a) Practical experience in service, including the results of such testing over a period of production.

b) The value of the electric field strength at the most highly stressed area of the solid insulation.

c) The type of insulating material used in the equipment as part of the major insulation.

8. Guide to the selection of switchgear and controlgear for service

Insulation-enclosed switchgear and controlgear is selected by considering the individual rated values of the components, which are required to comply with normal load and fault conditions for the particular service duty.

The rated values should be chosen in accordance with the suggestions contained in this standard and with due regard to the characteristics of the system including expected future development. The complete list of rating is given in Clause 4.

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

Il est recommandé de déterminer les contraintes imposées par les conditions en cas de défaut en calculant les courants de défaut à l'endroit du réseau où l'installation de l'appareillage sous enveloppe isolante est prévue.

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

9.101 *Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes*

Pour lancer un appel d'offre ou passer commande d'une installation d'appareillage sous enveloppe isolante, il est recommandé au demandeur de fournir les renseignements suivants:

1. Caractéristiques propres au réseau:
   Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, mode de mise à la terre du neutre.

2. Conditions de service:
   Les températures minimale et maximale de l'air ambiant; toutes conditions divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telles que l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux atmosphères explosives, à la poussière excessive ou au sel, les risques de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.

3. Caractéristiques de l'installation et de ses matériels:
   a) protection de classe A ou B devant être procurée par l'enveloppe isolante;
   b) nombre de phases;
   c) nombre de jeux de barres;
   d) tension assignée;
   e) niveau d'isolement assigné;
   f) courants assignés en service continu des jeux de barres et des circuits d'arrivée;
   g) courant de courte durée admissible assigné (I_{th});
   h) durée de court-circuit assignée (si elle est différente de 1 s);
   i) valeur de crête du courant admissible assigné (si elle est différente de 2,5 I_{th});
   j) valeurs assignées des matériels;
   k) degré de protection de l'enveloppe isolante;
   l) schémas des circuits.

4. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
   a) type des dispositifs de manœuvre;
   b) tension assignée d'alimentation (si nécessaire);
   c) fréquence assignée d'alimentation (si nécessaire);
   d) pression assignée d'alimentation (si nécessaire);
   e) exigences spéciales de verrouillage.

En plus de ces points, il est recommandé au demandeur d'indiquer toute condition qui peut influer sur la soumission ou la commande, telle que les conditions particulières d'assemblage ou de montage, l'emplacement des connexions externes à haute tension, etc.

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

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

9. Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.101 *Information to be given with enquiries and orders*

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

1. Particulars of the system:
   Nominal and highest voltage, frequency, type of system neutral earthing.

2. Service conditions:
   Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, as, for example, unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt; the risk of earth tremors or other vibrations due to causes external to the equipment to be delivered.

3. Particulars of the installation and its components:
   a) protection grade A or B to be provided by the insulation enclosure;
   b) number of phases;
   c) number of busbars;
   d) rated voltage;
   e) rated insulation level;
   f) rated normal currents of busbars and feeder circuits;
   g) rated short-time withstand current (I_{th});
   h) rated duration of short circuit (if different from 1 s);
   i) rated peak withstand current (if different from 2.5 I_{th});
   j) rated values of components;
   k) degree of protection for the insulation enclosure;
   l) circuit diagrams.

4. Particulars of the operating devices:
   a) type of operating devices;
   b) rated supply voltage (if any);
   c) rated supply frequency (if any);
   d) rated supply pressure (if any);
   e) special interlocking requirements.

In addition to these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, as, for example, special mounting or erection conditions, the location of the external high-voltage connections, etc.

It should be stated whether special type tests are required.

9.102 *Renseignements à donner avec les soumissions*

En principe, les renseignements suivants sont donnés par le constructeur, si applicable, avec les notices descriptives et les plans:

1. Valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées au point 3. du paragraphe 9.101.
2. Sur demande, certificats ou comptes rendus d'essai de type.
3. Détails de construction, par exemple:
   a) masse de l'unité de transport la plus lourde;
   b) dimensions hors tout de l'installation;
   c) disposition des connexions externes;
   d) dispositifs à prévoir pour le transport et l'assemblage;
   e) mesures à prévoir pour l'assemblage;
   f) renseignements concernant le fonctionnement et la maintenance.
4. Caractéristiques des dispositifs de manœuvre:
   a) types et valeurs assignées telles qu'énumérées au point 4. du paragraphe 9.101;
   b) courant ou puissance nécessaire pour la manœuvre;
   c) durées de manœuvre;
   d) quantité de gaz ramenée à la pression atmosphérique nécessaire pour la manœuvre.
5. Liste des pièces de rechange qu'il est recommandé à l'utilisateur de se procurer.

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

Se référer à l'article 10 de la Publication 694 de la CEI.

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

Se référer au paragraphe 10.1 de la Publication 694 de la CEI.

10.2 *Montage*

Se référer au paragraphe 10.2 de la Publication 694 de la CEI.

10.3 *Maintenance*

Se référer au paragraphe 10.3 de la Publication 694 de la CEI.

9.102 *Information to be given with tenders*

The following information, if applicable, should be given by the manufacturer with descriptions and drawings:

1. Rated values and characteristics as enumerated in item 3. of Sub-clause 9.101.

2. Type test certificates or reports on request.

3. Constructional features, for example:
   a) mass of the heaviest transport unit;
   b) overall dimensions of the installation;
   c) arrangement of the external connections;
   d) facilities for transport and mounting;
   e) mounting provisions;
   f) instructions for operation and maintenance.

4. Particulars of the operating devices:
   a) types and rated values as enumerated in item 4. of Sub-clause 9.101;
   b) current or power for operation;
   c) operating times;
   d) quantity of free gas for operation.

5. List of recommended spare parts which should be procured by the user.

10. Rules for transport, storage, erection and maintenance

Refer to Clause 10 of IEC Publication 694.

10.1 *Conditions during transport, storage and erection*

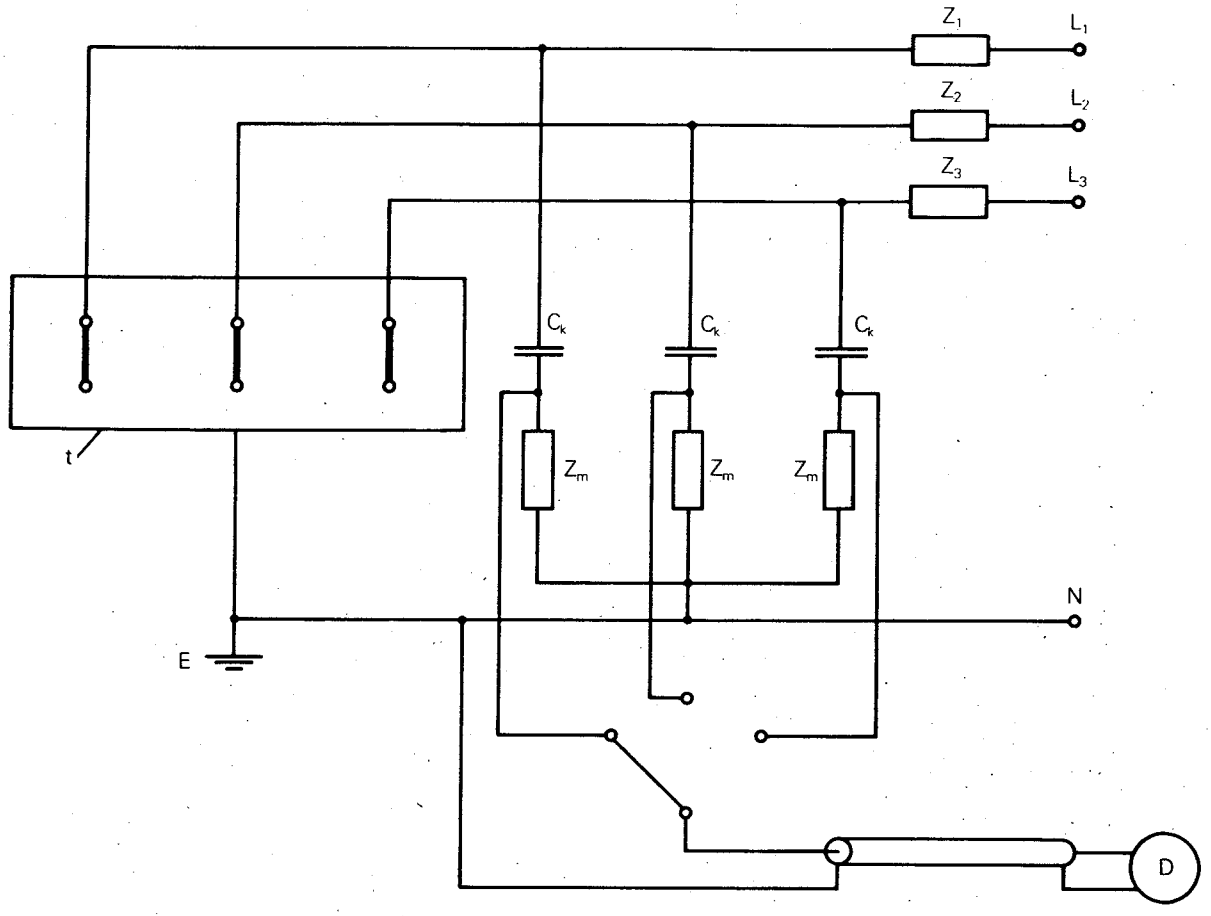
Refer to Sub-clause 10.1 of IEC Publication 694.

10.2 *Erection*

Refer to Sub-clause 10.2 of IEC Publication 694.

10.3 *Maintenance*

Refer to Sub-clause 10.3 of IEC Publication 694.



N = connexion du neutre
neutral connection

E = connexion de terre
earth connection

L_1, L_2, L_3 = bornes pour la connexion à la source de tension triphasée
terminals for the connection of the three-phase voltage source

Z_1, Z_2, Z_3 = impédances du circuit d'essai
impedances of the test circuit

C_K = condensateur de couplage
coupling capacitor

Z_m = impédance de mesure
measuring impedance

D = détecteur de décharges partielles
partial discharge detector

t = appareil en essai
test object

FIG. 1. — Circuit d'essai pour mesurage des décharges partielles (disposition triphasée).
Partial discharge test circuit (three-phase arrangement).

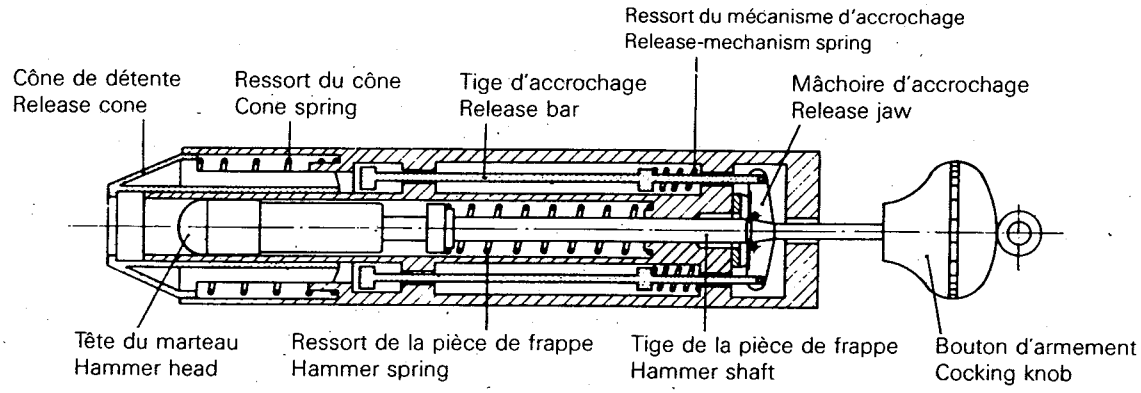


FIG. 2. — Appareil d'essai de choc.
Impact-test apparatus.

ANNEXE AA

DÉFAUT INTERNE

TABLEAU AAI

Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut interne ou réduire le risque

Emplacements préférentiels où l'arc peut s'amorcer (1)	Causes possibles des défauts internes (2)	Exemples de mesures (3)
Boîtes à câbles	Conception inadéquate	Choisir des dimensions suffisantes.
	Installation défectueuse	Eviter de croiser les câbles. Contrôle du montage sur le site.
	Défaut d'isolement solide ou liquide (isolant défectueux ou manquant)	Contrôle du montage et/ou essai diélectrique sur le site. Vérification régulière du niveau des liquides.
Sectionneurs Interrupteurs Sectionneurs de terre	Fausse manœuvre	Verrouillages (voir paragraphe 5.106). Réouverture retardée. Manœuvre manuelle indépendante. Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et sectionneurs de terre. Instructions au personnel.
Connexions boulonnées et contacts	Corrosion	Utilisation des revêtements anticorrosion et/ou graisse. Enrobage si possible.
	Assemblage défectueux	Contrôle du montage par une méthode appropriée.
Transformateurs de mesure	Ferro-résonance	Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits.
Disjoncteurs	Manque d'entretien	Entretien régulier sur programme. Instructions au personnel.
Tous emplacements	Erreur commise par le personnel	Enrobage isolant des parties actives. Instructions au personnel.
	Vieillissement diélectrique	Essais individuels de décharges partielles.
	Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc.	Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (voir article 2).
	Surtensions	Protection contre la foudre. Coordination d'isolement convenable. Essais diélectriques sur le site.

TABLEAU AAII

Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un défaut interne

- Durée de déclenchement très brève obtenue par détecteur sensible à la lumière, à la pression ou à l'échauffement ou par protection différentielle du jeu de barres
- Utilisation de fusibles appropriés, associés aux appareils de connexion, pour limiter le courant de défaut et la durée du défaut
- Manœuvre à distance
- Clapets de décharge de pression

APPENDIX AA

INTERNAL FAULT

TABLE AAI

Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal faults or reducing the risk

Locations where internal faults are more likely to occur (1)	Possible causes of internal faults (2)	Examples of measures (3)
Cable boxes	Inadequate design	Selection of adequate dimensions.
	Faulty installation	Avoidance of crossed cable connections. Checking of workmanship on site.
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels.
Disconnectors Switches Earthing switches	Mal-operation	Interlocks (see Sub-clause 5.106). Delayed reopening. Independent manual operation. Short-circuit making capacity for switches and earthing switches. Instructions to personnel.
Bolted connections and contacts	Corrosion	Use of corrosion inhibiting coatings and/or greases. Encapsulation, where possible.
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means.
Instrument transformers	Ferroresonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit.
Circuit-breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance. Instructions to personnel.
All locations	Error by personnel	Insulation-embedded live parts. Instructions to personnel.
	Ageing under electric stresses	Partial discharge routine tests.
	Pollution, moisture, ingress of dust, vermin, etc.	Measures to ensure that the specified service conditions are met (see Clause 2).
	Overvoltages	Lightning protection. Adequate insulation co-ordination. Dielectric tests on site.

TABLE AAII

Examples of measures limiting the consequences of internal faults

- Rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection
- Application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the fault current and fault duration
- Remote control
- Pressure relief flaps

MÉTHODE D'ESSAI DE L'APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE EN CAS D'ARC DÛ À UN DÉFAUT INTERNE

AA1. Introduction

L'amorçage d'arcs à l'intérieur de l'appareillage sous enveloppe est accompagné par divers phénomènes physiques.

Par exemple, l'énergie d'arc résultant d'un arc développé dans l'air atmosphérique provoquera une surpression interne et de forts échauffements locaux représentant pour l'équipement des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, certains matériaux se trouvant à l'intérieur de l'enveloppe peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeurs se dégageant vers l'extérieur de l'enveloppe.

Cette norme tient compte de la surpression interne agissant sur les capots, portes, regards, etc., ainsi que de l'effet thermique de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et de particules incandescentes, mais pas des dommages causés sur les cloisons et les volets. En conséquence, elle ne couvre pas tous les effets qui peuvent constituer un risque, par exemple la formation de gaz toxiques. En outre, l'essai ne simule que des situations dans lesquelles des portes et capots sont fermés et correctement verrouillés.

AA2. Classes d'accessibilité

Il faut distinguer deux classes d'accessibilité correspondant aux conditions d'essai mentionnées aux paragraphes AA5.3.2 et AA5.3.3. L'enveloppe peut avoir des classes d'accessibilité différentes sur ses différentes faces.

Classe A: Appareillage sous enveloppe avec accessibilité limitée au personnel autorisé.

Classe B: Appareillage sous enveloppe avec accessibilité libre, y compris au public.

AA3. Montage d'essai

Le choix des unités fonctionnelles, leur nombre, leur équipement, leur position dans la salle, ainsi que le point d'amorçage de l'arc doivent être décidés bilatéralement. Dans tous les cas, les points suivants doivent être respectés:

- l'essai est en principe effectué sur une unité fonctionnelle qui n'a jamais auparavant été soumise à l'arc;
- en principe les conditions de montage s'approchent le plus possible des conditions normales de service. Pour représenter le local, il convient de simuler au moins le plancher, le plafond, deux murs perpendiculaires et les caniveaux de câbles;

METHOD FOR TESTING THE ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR UNDER CONDITIONS OF ARCING DUE TO INTERNAL FAULT

AA1. Introduction

The occurrence of arcs inside enclosed switchgear and controlgear is coupled with various physical phenomena.

For example, the arc energy resulting from an arc developed in air at atmospheric pressure will cause an internal overpressure and local overheating, which will result in mechanical and thermal stressing of the equipment. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged to the outside of the enclosure.

This standard makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, inspection windows, etc., and also takes into consideration the thermal effects of the arc or its roots on the enclosure and of ejected hot gases and glowing particles, but not damage to partitions and shutters. Consequently, it does not cover all effects which may constitute a risk, such as toxic gases. Moreover, the test procedure only simulates situations when doors and covers are closed and correctly secured.

AA2. Types of accessibility

A distinction is made between the two types of accessibility corresponding to the different test conditions given in Sub-clauses AA5.3.2 and AA5.3.3. The enclosure may have different types of accessibility on its various sides.

Type A: Enclosed switchgear and controlgear with accessibility restricted to authorized personnel only.

Type B: Enclosed switchgear and controlgear with unrestricted accessibility, including by the general public.

AA3. Test arrangement

The choice of the functional units, their number, their equipment and their position in the room, as well as the place of initiation of the arc are to be decided upon in consultation. In each case, the following points shall be observed:

- the test should be carried out on a functional unit not previously subjected to arcing;

- the erection conditions should be as close as possible to those of normal service. The room should be represented at least by the floor, the ceiling, two perpendicular walls and the cable ducts;

- l'unité fonctionnelle devra être complètement équipée. Il est permis d'utiliser des éléments de remplacement de matériels intérieurs à condition que leur volume et la matière de leur partie externe soient identiques à ceux de l'original;
- l'unité à essayer est mise à la terre à l'endroit prévu;
- l'amorçage d'arc ne se fait pas dans des conditions ne correspondant pas aux conditions de service.

AA4. **Courant et tension appliqués**

AA4.1 *Généralités*

Dans l'appareillage sous enveloppe, il convient d'effectuer les essais en triphasé. Le courant de court-circuit appliqué pendant l'essai doit être spécifié par le constructeur. Cette valeur peut être égale ou inférieure au courant de courte durée assigné.

AA4.2 *Tension*

La tension appliquée sur le circuit d'essai est en principe égale à la tension assignée de l'appareillage sous enveloppe. Une tension inférieure à cette valeur peut être choisie si les conditions suivantes sont respectées:

a) le courant reste pratiquement sinusoïdal;

b) l'arc ne s'éteint pas prématurément.

AA4.3 *Courant*

AA4.3.1 *Composante alternative*

Le courant de court-circuit spécifié pour le cas d'amorçage d'arc dans l'appareillage sous enveloppe est en principe réglé avec une tolérance de +5% et 0%. Ces tolérances s'appliquent au courant présumé seulement si la tension appliquée est égale à la tension assignée. Le courant reste en principe constant.

Note. — Si la station d'essai ne permet pas cela, la durée d'essai sera allongée jusqu'au moment où l'intégrale de la composante alternative du courant devient égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de +10% et 0%. Dans ce cas, le courant est en principe égal à la valeur spécifiée au moins pendant les trois premières demi-périodes et ne descend pas en dessous de 50% de la valeur spécifiée à la fin de l'essai.

AA4.3.2 *Composante apériodique*

Le moment de la fermeture est en principe choisi de telle façon que la valeur de crête du courant présumé (avec une tolérance de +5% et 0%) parcourant une des phases extrêmes soit 2,5 fois la valeur efficace de la composante alternative définie au paragraphe AA4.3.1 et qu'une grande boucle de courant soit simultanément présente dans l'autre phase extrême. Si la tension est inférieure à la tension assignée, la valeur de crête du courant de court-circuit pour l'appareillage sous enveloppe en essai n'est en principe pas inférieure à 90% de la valeur de crête présumée.

AA4.4 *Fréquence*

Pour une fréquence assignée de 50 Hz ou 60 Hz, la fréquence au début de l'essai se situe entre 48 Hz et 62 Hz. Pour d'autres fréquences, la variation par rapport à la valeur assignée n'excède pas ±10%.

- the functional unit should be fully equipped. Mock-ups of internal components are permitted provided they have the same volume and external material as the original items;
- the test unit shall be earthed at the point provided;
- the arc shall not be initiated in such a way that it can be considered unrealistic in service conditions.

AA4. Current and voltage applied

AA4.1 *General*

The tests on enclosed switchgear and controlgear should be carried out in a three-phase circuit. The short-circuit current applied during the test is to be stated by the manufacturer. It may be equal to or lower than the rated short-time withstand current.

AA4.2 *Voltage*

The applied voltage of the test circuit should be equal to the rated voltage of the enclosed switchgear and controlgear. A lower voltage may be chosen if the following conditions are met:

a) the current remains practically sinusoidal;

b) the arc is not extinguished prematurely.

AA4.3 *Current*

AA4.3.1 *A.C. component*

The short-circuit current, for which the enclosed switchgear and controlgear is specified with respect to arcing should be set within a +5% and 0% tolerance. These tolerances apply to the prospective current only if the applied voltage is equal to the rated voltage. The current should remain constant.

Note. — If the test plant does not permit this, the test should be extended until the integral of the a.c. component of the current equals the value specified within a tolerance of +10% and 0%. In this case, the current should be equal to the specified value at least during the first three half-cycles and should be not less than 50% of the specified value at the end of the test.

AA4.3.2 *D.C. component*

The instant of closing should be chosen so that the prospective value of the peak current (with a tolerance of +5% and 0%) flowing in one of the outer phases is 2.5 times the r.m.s. value of the a.c. component, defined in Sub-clause AA4.3.1, and so that a major loop also occurs in the other outer phase. If the voltage is lower than the rated voltage, the peak value of the short-circuit current for the enclosed switchgear and controlgear under test should not drop below 90% of the prospective peak value.

AA4.4 *Frequency*

At a rated frequency of 50 Hz or 60 Hz, the frequency at the beginning of the test should be between 48 Hz and 62 Hz. At other frequencies it should not deviate from the rated value by more than ±10%.

AA4.5 *Durée d'essai*

La durée d'arc est choisie en relation avec la durée probable de l'arc déterminée par les dispositifs de protection.

Note. — Il est recommandé de ne pas dépasser une durée d'arc de 1 s pour un courant de court-circuit symétrique initial inférieur ou égal à 25 kA. Au-dessus de 25 kA, elle correspond en principe aux conditions de service de l'équipement.

Quand on veut essayer l'appareillage sous enveloppe muni de clapets de décharge de pression uniquement pour prouver sa résistance vis-à-vis de la pression, une durée d'arc de 0,1 s est généralement suffisante.

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

AA5. **Procédure d'essai**

AA5.1 *Circuit d'alimentation*

Le point neutre n'est mis à la terre que dans le cas de l'appareillage sous enveloppe utilisé dans un réseau avec le point neutre directement mis à la terre.

Il faut veiller à ce que les connexions n'influencent pas les conditions d'essai.

A l'intérieur de l'enveloppe, l'arc peut généralement être alimenté depuis deux directions: la direction à choisir est celle qui semble donner la contrainte la plus élevée.

AA5.2 *Amorçage de l'arc*

L'arc est en principe amorcé entre les phases par un fil métallique d'environ 0,5 mm de diamètre ou, dans le cas où les conducteurs de phases sont séparés par des éléments métalliques mis à la terre, entre une phase et la terre.

Dans les unités fonctionnelles où les parties actives sont couvertes par un isolant solide, l'arc est en principe amorcé entre deux phases voisines à des jointures ou à des fentes des parties enrobées d'isolant. L'alimentation est triphasée, afin de permettre à l'arc de se transformer en défaut triphasé.

Note. — L'arc n'est pas amorcé en perforant l'isolant solide.

Le point d'amorçage est choisi de telle manière que l'arc produise les plus grandes contraintes dans l'unité fonctionnelle. En cas de doute, il peut s'avérer nécessaire de soumettre l'unité fonctionnelle à plusieurs essais.

AA5.3 *Indicateurs (pour constater l'effet thermique des gaz)*

AA5.3.1 *Généralités*

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir, disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'unité à essayer. Il faut faire attention à ce qu'un indicateur ne puisse pas en enflammer un autre. Cela peut être obtenu en les plaçant par exemple dans des cadres de montage en tôle d'acier (voir figure AA1, page 82). Les dimensions de l'indicateur sont en principe d'environ 150 mm × 150 mm.

AA4.5 *Duration of the test*

The arc duration is chosen in relation to the probable duration of the arc, determined by the protection facilities.

Note. — The arc duration should not exceed 1 s up to an initial symmetrical short-circuit current of 25 kA. Above 25 kA it should be consistent with the service conditions of the equipment.

For testing enclosed switchgear and controlgear provided with pressure relief flaps, merely for proving its resistance to pressure, an arc duration of 0.1 s is generally sufficient.

Note. — It is in general not possible to calculate the permissible arc duration for a current which differs from that used in the test. The maximum pressure during the test will generally not decrease with a shorter arcing time and there is no universal rule according to which the permissible arc duration may be increased with a lower test current.

AA5. Test procedure

AA5.1 *Supply circuit*

The neutral is only earthed in the case of enclosed switchgear and controlgear to be operated in a solidly earthed system.

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

Generally, inside the enclosure, the arc may be fed from two directions: the direction to be chosen is the one likely to result in the highest stress.

AA5.2 *Arc initiation*

The arc should be initiated between the phases by means of a metal wire of about 0.5 mm diameter or, in the case of segregated phase conductors, between one phase and earth.

In functional units where the live parts are covered by solid insulating material, the arc should be initiated between two adjacent phases at joints or gaps of the insulation-embedded parts. The infeed shall be from a three-phase supply circuit to allow the arc to become a three-phase fault.

Note. — The arc shall not be initiated by perforating the solid insulation.

The point of initiation shall be chosen so that the effects of the resultant arc produce the highest stresses in the functional unit. In case of doubt it may be necessary to make more than one test on each functional unit.

AA5.3 *Indicators (for observing the thermal effects of gases)*

AA5.3.1 *General*

Indicators are pieces of black cotton cloth so arranged that their cut edges do not point toward the test unit. Care shall be taken to see that they cannot ignite each other. This is achieved by fitting them, for example, in a mounting frame of steel sheet (see Figure AA1, page 82). The indicator dimensions should be about 150 mm × 150 mm.

AA5.3.2 *Accessibilité classe A*

Il est recommandé de disposer les indicateurs verticalement du côté de l'opérateur de l'appareillage sous enveloppe et, s'il y a lieu, sur les côtés qui sont facilement accessibles au personnel.

Ils sont en principe placés jusqu'à une hauteur de 2 m et à une distance de 30 cm ±5% de l'appareillage sous enveloppe face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (par exemple joints, regards, portes). On place également des indicateurs horizontalement, à une hauteur de 2 m au-dessus du plancher et à une distance de 30 cm à 80 cm de l'appareillage sous enveloppe (voir figure AA2, page 83).

Pour les indicateurs, il convient d'utiliser de la cretonne noire (tissu coton 150 g/m² environ).

AA5.3.3 *Accessibilité classe B*

Il est recommandé de disposer les indicateurs verticalement de tous les côtés accessibles de l'appareillage sous enveloppe.

Ils sont en principe placés jusqu'à une hauteur de 2 m et à une distance de 10 cm ±5% de l'appareillage sous enveloppe face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (par exemple joints, regards, portes). On place également des indicateurs horizontalement à une hauteur de 2 m au-dessus du plancher et à une distance de 10 cm à 80 cm de l'appareillage sous enveloppe. Si la hauteur de l'unité à essayer est inférieure à 2 m, on place des indicateurs horizontalement sur les capots supérieurs face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper et à proximité des indicateurs verticaux qui dans ce cas ne sont nécessaires que jusqu'à la hauteur réelle de l'équipement (voir figure AA2).

Pour les indicateurs, il convient d'utiliser du linon-coton noir (40 g/m² environ).

AA6. Interprétation de l'essai

Les critères ci-dessous prennent en compte les effets d'arc mentionnés dans l'article AA1. Le demandeur de l'essai décide du ou des critères à retenir parmi ceux-ci pour l'interprétation des résultats d'essai.

On devra noter:

Critère n° 1

Si les portes, capots, etc., normalement verrouillés ne s'ouvrent pas.

Critère n° 2

Si certaines parties (de l'appareillage sous enveloppe) qui peuvent présenter un danger ne sont pas projetées. Cela comprend des parties de grandes dimensions ou à arêtes vives, par exemple des regards, des clapets de décharge de pression, des plaques de capot, etc., en métal ou matériau synthétique.

Critère n° 3

Si l'arc, par brûlure ou autres effets, ne crée pas d'ouvertures dans les parties extérieures de l'enveloppe dont l'accessibilité est libre.

AA5.3.2 *Accessibility Type A*

Indicators should be fitted vertically at the operator's side of the enclosed switchgear and controlgear and, if applicable, at sides which are readily accessible to personnel.

They should be placed, up to a height of 2 m and at a distance of 30 cm ±5% from the enclosed switchgear and controlgear, facing all points where gas is likely to be emitted (e.g. joints, inspection windows, doors). Indicators should also be arranged horizontally at a height of 2 m above the floor and between 30 cm and 80 cm from the enclosed switchgear and controlgear (see Figure AA2, page 83).

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) should be used for the indicators.

AA5.3.3 *Accessibility Type B*

Indicators should be fitted vertically on all accessible sides of the enclosed switchgear and controlgear.

They should be placed, up to a height of 2 m and at a distance of 10 cm ±5% from the enclosed switchgear and controlgear, facing all points where gas is likely to be emitted (e.g. joints, inspection windows, doors). Indicators should also be arranged horizontally at a height of 2 m above the floor and between 10 cm and 80 cm from the enclosed switchgear and controlgear. If the test unit is lower than 2 m, indicators should be placed horizontally on the top covers, facing all points where gas is likely to be emitted and close to the vertical indicators, which in this case, are only required up to the actual height of the equipment (see Figure AA2).

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

AA6. Assessment of the test

The following criteria allow for the arcing effects listed in Clause AA1. Whoever requests the test to be performed shall decide by which of these criteria the results of the test should be assessed.

It is to be observed:

Criterion No. 1

Whether correctly secured doors, covers, etc., do not open.

Criterion No. 2

Whether parts (of the enclosed switchgear and controlgear), which may cause a hazard, do not fly off. This includes large parts or those with sharp edges, for example, inspection windows, pressure relief flaps, cover plates, etc., made of metal or plastic.

Criterion No. 3

Whether arcing does not cause holes to develop in the freely accessible external parts of the enclosure as a result of burning or other effects.

Critère n° 4

Si les indicateurs disposés verticalement (paragraphe AA5.3) ne sont pas enflammés. Il ne faut pas tenir compte de l'inflammation des indicateurs due à la combustion de la peinture ou d'étiquettes.

Critère n° 5

Si les indicateurs disposés horizontalement (paragraphe AA5.3) ne sont pas enflammés. Dans le cas où il y a un début de combustion pendant l'essai, le critère est supposé satisfait si la preuve est faite que l'inflammation est provoquée par des particules incandescentes et non par des gaz chauds. Les films pris par des caméras ultra-rapides servent en principe de preuve.

Critère n° 6

Si toutes les connexions de mise à la terre restent efficaces.

AA7. **Rapport d'essai**

Il est recommandé de donner dans le rapport d'essai les informations suivantes:

- Caractéristiques et description de l'unité essayée, accompagnées d'un plan avec les dimensions principales, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, à la disposition des clapets de décharge de pression et à la méthode de fixation au plancher et aux murs de l'appareillage sous enveloppe.
- Disposition des raccordements d'essai et point d'amorçage de l'arc.
- Disposition et matériau des indicateurs, compte tenu de la classe d'accessibilité.
- Concernant le courant présumé ou courant d'essai:

  a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;
  b) valeur de crête la plus grande;
  c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle d'essai;
  d) durée d'essai.

- Enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions.
- Interprétation des résultats d'essai.
- Autres informations utiles.

Criterion No. 4

Whether the indicators arranged vertically (Sub-clause AA5.3) do not ignite. Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are excluded from this assessment.

Criterion No. 5

Whether the indicators arranged horizontally (Sub-clause AA5.3) do not ignite. Should they start to burn during the test, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that the ignition was caused by glowing particles rather than hot gases. Pictures taken by high-speed cameras should be produced in evidence.

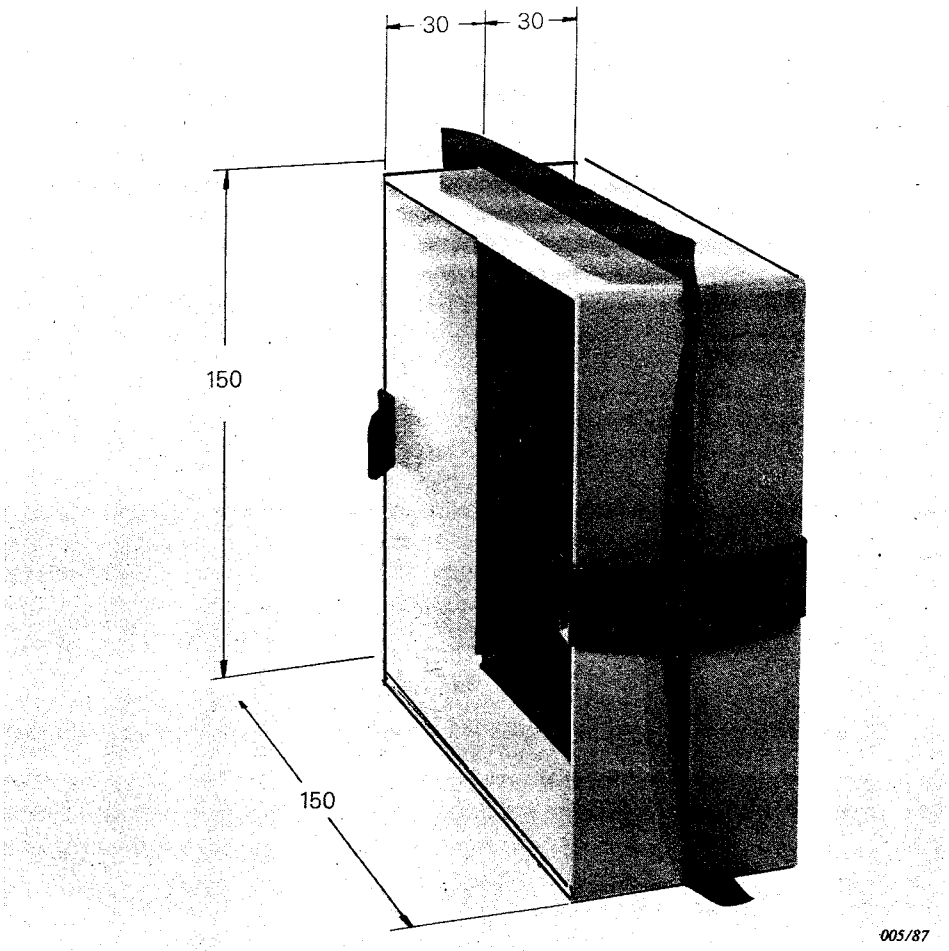
Criterion No. 6

Whether all the earthing connections are still effective.

AA7. Test report

The following information should be given in the test report:

- Rating and description of the test unit with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure relief flaps and the method of fixing the enclosed switchgear and controlgear to the floor and to the walls.
- Arrangement of the test connections and the point of initiation of the arc.
- Arrangement and material of indicators with respect to the type of accessibility.
- For the prospective or test current:
  - *a)* r.m.s. value of the a.c. component during the first three half-cycles;
  - *b)* highest peak value;
  - *c)* average value of the a.c. component over the actual duration of the test;
  - *d)* test duration.
- Oscillogram(s) showing currents and voltages.
- Assessment of the test results.
- Other relevant information.



Dimensions en millimètres

Dimensions in millimetres

FIG. AA1. — Cadre de montage pour les indicateurs.
Mounting frame for indicators.

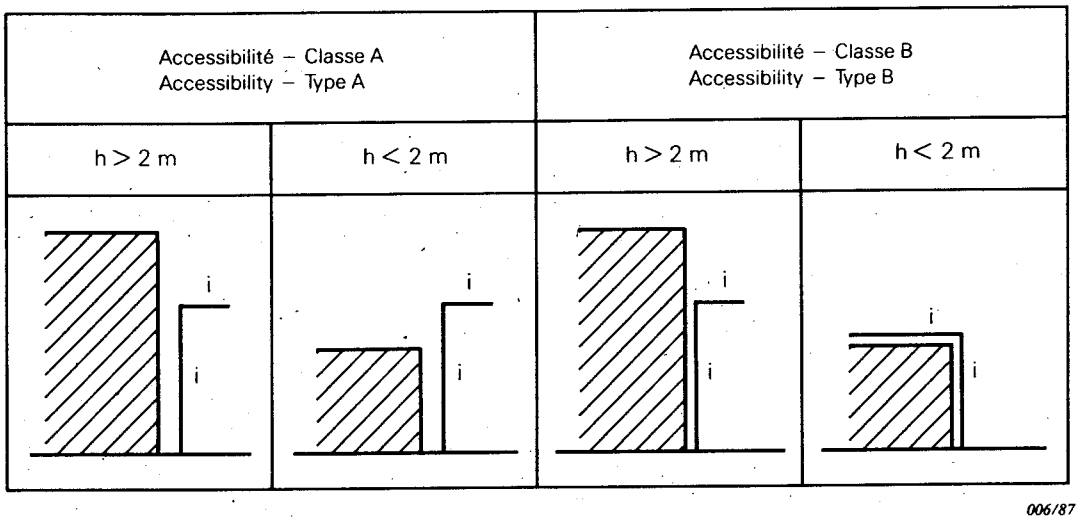


FIG. AA2. — Disposition des indicateurs (i).
Hauteur de l'équipement (h).

Position of indicators (i).
Height of equipment (h).

ANNEXE BB

ESSAI À L'HUMIDITÉ

BB1. Généralités

L'objet de l'essai à l'humidité est de prouver la sécurité de l'appareillage sous enveloppe isolante quand la surface accessible de l'enveloppe isolante est touchée, non seulement à l'état sec, mais également en présence de condensation et de pollution légère.

Dans les conditions normales de service l'air ambiant n'est pratiquement pas pollué. Ceci n'exclut pas l'apparition dans le temps d'un certain degré de pollution qui dépend de la qualité et de la fréquence du nettoyage et de la remise en état des surfaces isolantes.

Cet essai à l'humidité ne couvre pas les exigences de sécurité relatives aux autres facteurs d'influence, bien que le principe de cet essai puisse servir de base à un essai de vieillissement en liaison avec la fiabilité en général.

L'appareillage sous enveloppe isolante est soumis à un certain nombre de cycles identiques de chaleur et d'humidité dans une chambre d'essai dans laquelle l'humidité est produite par un brouillard d'eau conductrice. Pendant cet essai, une tension alternative à fréquence industrielle est appliquée en permanence à l'objet en essai.

BB2. Procédure et conditions d'essai

BB2.1 *Cycle et durée d'essai*

Il convient de choisir le cycle d'essai de telle façon que toutes les surfaces de l'objet en essai soient humides pendant environ la moitié de sa durée et sèches pendant l'autre moitié. Pour obtenir ce résultat, le cycle d'essai comprend une période à basse température (T_{min}) et une période à haute température (T_{max}), de l'air intérieur à la chambre d'essai. Les deux périodes doivent être égales en durée et la production de brouillard doit être maintenue pendant la première moitié du cycle d'essai. La variation de température entre ces deux périodes doit être de (10 ± 2) K. La valeur de la basse température de l'air (T_{min}) doit être approximativement égale à la température de l'air ambiant extérieur à la chambre d'essai (voir figure BB1, page 90).

Le début de production de brouillard (t_0) coïncide en principe avec le début de la période de basse température de l'air. Cependant, pour humidifier les surfaces verticales des matériaux ayant une constante de temps thermique élevée, il peut être nécessaire de commencer la production de brouillard plus tardivement dans la période de basse température de l'air.

La durée du cycle d'essai dépend des caractéristiques thermiques de l'appareillage sous enveloppe isolante et elle est suffisamment longue, à la fois à basse et à haute température, pour provoquer l'humidification et respectivement le séchage de toutes les surfaces isolantes.

On effectue des cycles préliminaires avec l'objet en essai placé dans la chambre d'essai pour observer et contrôler ces conditions.

APPENDIX BB

HUMIDITY TEST

BB1. General

The object of the humidity test is to prove that the insulation-enclosed switchgear and controlgear is safe when touched on the accessible surface of the insulation enclosure, not only in a dry state but also with condensation and light pollution.

Under normal service conditions the ambient air is not materially polluted. This statement does not exclude, however, the possibility of a certain degree of pollution occurring in the course of time, depending on the frequency and quality of cleaning and reconditioning of the insulation surfaces.

This humidity test does not cover the security requirements relating to other influencing factors, although the philosophy of this test may serve as a base for an ageing test in connection with reliability in general.

The insulation-enclosed switchgear and controlgear is exposed to a certain number of identical humidity and temperature cycles in a test chamber, in which the humidity is generated by fog formed from conductive water. During this test an a.c. power-frequency voltage is continuously applied to the test object.

BB2. Test procedure and test conditions

BB2.1 *Test cycle and its duration*

The test cycle should be chosen so that all the surfaces of the test object are wet during about half of its duration and dry during the other half. To obtain this result the test cycle consists of a period with low air temperature (T_{min}) and a period with high air temperature (T_{max}) inside the test chamber. Both periods shall be equal in time and the generation of fog shall be maintained for the first half of the test cycle. The temperature variation between the two periods shall be (10 ± 2) K. The value of the low air temperature (T_{min}) shall be approximately equal to the ambient air temperature outside the test chamber (see Figure BB1, page 90).

The beginning of fog generation (t_0) coincides in principle with the beginning of the low air temperature period. However, to wet the vertical surfaces of materials with a high thermal time-constant, it may be necessary to start the fog generation later within the low air temperature period.

The duration of the test cycle depends on the thermal characteristics of the insulation-enclosed switchgear and controlgear, and shall be sufficiently long both at high and low temperatures to cause wetting or drying of all the insulation surfaces.

Preliminary cycles shall be carried out with the test object placed in the test chamber in order to observe and to check these conditions.

La température et l'humidité relative de l'air dans la chambre d'essai sont mesurées à proximité immédiate de l'enveloppe isolante et sont enregistrées pendant toute la durée de l'essai.

Note. — Pour remplir les conditions exigées, une durée du cycle d'essai de 8 h s'est généralement révélée satisfaisante.

BB2.2 *Production de brouillard*

Le brouillard est obtenu par pulvérisation continue ou périodique de 0,2 dm^3 à 0,5 dm^3 d'eau conductrice par heure et par mètre cube de volume de chambre d'essai. La résistivité de l'eau doit être de 30 Ωm avec une tolérance de ± 10% (équivalant à une conductivité de 0,033 S/m) à la valeur basse de la température du cycle d'essai.

Le diamètre des gouttelettes doit être inférieur à 10 µm. Un tel brouillard peut être obtenu par des pulvérisateurs mécaniques placés au bas de la chambre d'essai et dirigés vers le haut de manière que les surfaces isolantes de l'objet en essai ne soient pas directement aspergées. Aucune goutte d'eau ne doit tomber du plafond sur l'objet en essai.

Durant la production de brouillard, la chambre d'essai est fermée et aucune circulation forcée complémentaire d'air n'est permise.

Notes 1. — On obtient de l'eau de conductivité voulue en ajoutant du chlorure de sodium (NaCl) à de l'eau distillée. Si l'eau du robinet convient, elle peut également être utilisée.

2. — La relation entre la conductivité de l'eau et sa température est donnée dans la Publication 60-1 de la CEI.

BB2.3 *Période à haute température de l'air*

La haute température de l'air est obtenue à l'aide d'un radiateur combiné à une circulation d'air forcée à l'intérieur de la chambre d'essai. Cette circulation forcée ne doit pas être dirigée sur l'objet en essai.

BB2.4 *Chambre d'essai*

La figure BB2, page 90, représente une proposition de chambre d'essai appropriée à parois minces.

Le volume de la chambre d'essai doit être au moins égal à cinq fois le volume circonscrit à l'objet en essai. La chambre d'essai ne doit pas dépasser une hauteur de 2,5 m et les dimensions au sol doivent assurer à l'objet en essai placé en bas de la chambre des distances minimales aux parois de 0,15 m et aux pulvérisateurs de 0,5 m.

Notes 1. — Il n'y a pas d'exigence particulière pour les matériaux des parois de la chambre d'essai. Cependant, on recommande des matériaux ayant une conductivité thermique élevée et une faible inertie thermique, parce que, dans ce cas, les périodes de transition entre humidification et séchage et entre séchage et humidification n'ont pas d'influence sensible sur la durée pendant laquelle les surfaces isolantes de l'objet en essai sont humides.

2. — Si les parois ne remplissent pas ces conditions, il convient de prendre des dispositions spéciales pour assurer que la période, durant laquelle les surfaces isolantes sont humides, soit approximativement égale à la moitié de la durée d'un cycle d'essai.

BB2.5 *Objet en essai*

L'appareillage sous enveloppe isolante à essayer doit être à l'état neuf et ses surfaces isolantes externes doivent être propres. Il est monté dans la chambre d'essai dans sa position verticale habituelle, muni de toutes ses parties isolantes, la continuité du circuit principal étant assurée. Des précautions sont prises pour qu'aucun dépôt d'eau ne se forme à l'intérieur de l'enveloppe isolante pendant l'essai.

The temperature and the relative humidity of the air in the test chamber shall be measured in the immediate vicinity of the insulation enclosure and shall be recorded for the whole duration of the test.

Note. — In order to achieve the required conditions a duration of the test cycle of 8 h is generally satisfactory.

BB2.2 *Generation of fog*

The fog is obtained by the continuous or periodical atomizing of 0.2 dm^3 to 0.5 dm^3 conductive water per hour and per cubic metre of test chamber volume. The resistivity of the water shall be 30 Ωm with a tolerance of ±10% (equivalent to a conductivity of 0.033 S/m) at the lower value of the test cycle temperature.

The diameter of the droplets shall be less than 10 μm. Such a fog may be achieved by mechanical atomizers situated at the bottom of the test chamber and directed upwards in such a manner that the insulation surfaces of the test object will not be sprayed directly. No water shall drop from the ceiling upon the test object.

During the fog generation the test chamber shall be closed and no additional forced air-circulation is permitted.

Notes 1. — For the adjustment of the conductivity of the water, sodium chloride (NaCl) is added to distilled water. If a suitable supply of tap water is available, it may be used also.

2. — The relation between conductivity of the water and its temperature is given in IEC Publication 60-1.

BB2.3 *High air temperature period*

The high air temperature is achieved with the aid of a heater in combination with forced air-circulation inside the test chamber. This forced circulation shall not be directed at the test object.

BB2.4 *Test chamber*

A proposal for an appropriate test chamber with thin walls is made in Figure BB2, page 90.

The volume of the test chamber shall be at least five times the circumscribed volume of the test object. The test chamber shall not be higher than 2.5 m and the base dimensions shall ensure that the test object placed on the bottom will have a minimum distance from the wall of 0.15 m and from the atomizer of 0.5 m.

Notes 1. — No special requirements are stated for the wall materials of the test chamber. However, materials having a high heat conductivity and a low thermal inertia are recommended because in this case the transition periods between wetting and drying and between drying and wetting will not significantly influence the time during which the insulation surfaces of the test object are wet.

2. — If the walls do not meet these conditions, special measures should be taken to ensure that the period during which the insulation surfaces are wet is approximately equal to half the duration of one test cycle.

BB2.5 *Test object*

The insulation-enclosed switchgear and controlgear to be tested shall be in new condition with its outside insulation surfaces clean. It shall be mounted in the test chamber in its usual upright position, complete with all insulating parts and the continuity of the main circuit ensured. Precautions shall be taken to ensure that no deposit of water accumulates inside the insulation enclosure during the test.

BB2.6 *Tension d'essai et source de tension*

Pendant l'essai à l'humidité, les tensions suivantes à fréquence industrielle sont appliquées en permanence au circuit principal de l'appareillage sous enveloppe isolante:

- tension assignée U entre phases;
- $U/\sqrt{3}$ entre phase et terre.

BB2.7 *Durée totale d'essai*

La durée totale pendant laquelle les surfaces sont humides doit être de 120 h. Normalement, la période de production de brouillard est égale à la période de surface humide, qui est elle-même approximativement égale à la moitié de la durée d'un cycle d'essai; de cette façon, la durée totale de l'essai à l'humidité est au moins de 240 h.

Si, pendant les cycles préliminaires, on observe une différence considérable entre la période de production de brouillard et la période correspondante pendant laquelle les surfaces sont humides, on base l'essai sur la durée totale pendant laquelle les surfaces isolantes sont humides.

BB3. **Critères et évaluation d'essai**

BB3.1 *Critère pendant l'essai*

Pendant la durée totale de l'essai à l'humidité, aucun amorçage ne doit survenir, ni entre phases ni entre phase et terre.

BB3.2 *Critère après l'essai*

L'essai à l'humidité est suivi, sans nettoyage, d'un cycle supplémentaire d'essai. On mesure le courant de fuite pendant la période de surface humide suivant le paragraphe 6.104. Le courant de fuite s'écoulant à la terre par le feuillet métallique à tout endroit accessible et à tout moment de cette période ne doit pas excéder 0,5 mA. D'autres cycles supplémentaires d'essai peuvent être effectués en vue de vérifier la valeur du courant de fuite avec le feuillet métallique disposé à différents endroits des surfaces accessibles.

BB3.3 *Evaluation de l'essai*

Si les critères des paragraphes BB3.1 et BB3.2 sont remplis, on considère que l'appareillage sous enveloppe isolante a satisfait à l'essai à l'humidité.

BB2.6 *Test voltage and voltage supply*

During the humidity test the following power-frequency voltages shall be continuously applied to the main circuit of the insulation-enclosed switchgear and controlgear:

- rated voltage U between phases;
- $U/\sqrt{3}$ between phase and earth.

BB2.7 *Total test duration*

The total duration during which the surfaces are wet shall be 120 h. Normally, the period of fog generation equals the period of wet surfaces which shall be approximately equal to half the duration of one test cycle; thus the total duration of the humidity test will be a minimum of 240 h.

If during the preliminary cycles a considerable difference is observed between the period of fog generation and the corresponding period during which the surfaces are wet, the test shall be based on the total duration during which the insulation surfaces are wet.

BB3. Test criteria and evaluation

BB3.1 *Criterion during the test*

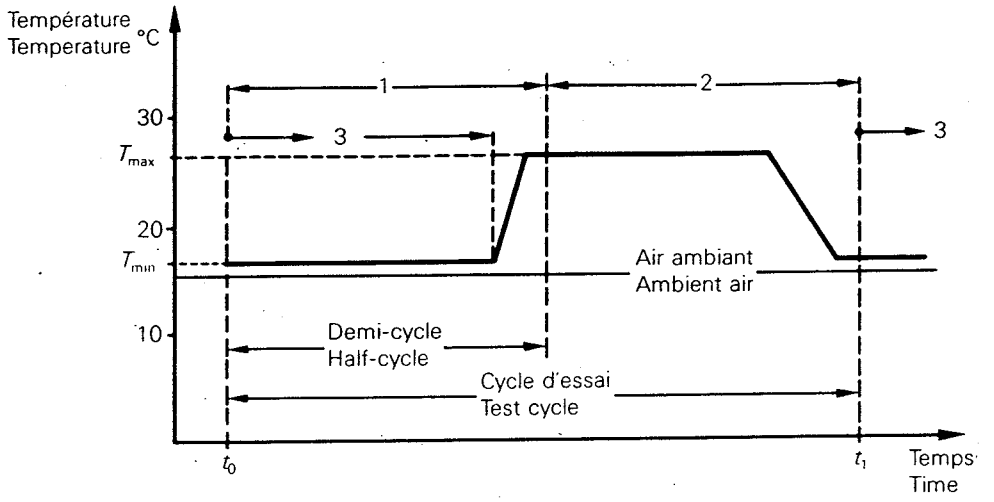
During the total duration of the humidity test no flash-over shall occur, neither between phases nor between phase and earth.

BB3.2 *Criterion after the test*

The humidity test shall be followed, without any cleaning, by a supplementary test cycle. During the wet surface period, the leakage current shall be measured in accordance with Sub-clause 6.104. The leakage current to earth through the metal foil at any accessible place and at any time of this period shall not exceed 0.5 mA. Further supplementary test cycles may be carried out in order to verify the value of the leakage current with the metal foil attached to different places of the accessible surfaces.

BB3.3 *Evaluation of the test*

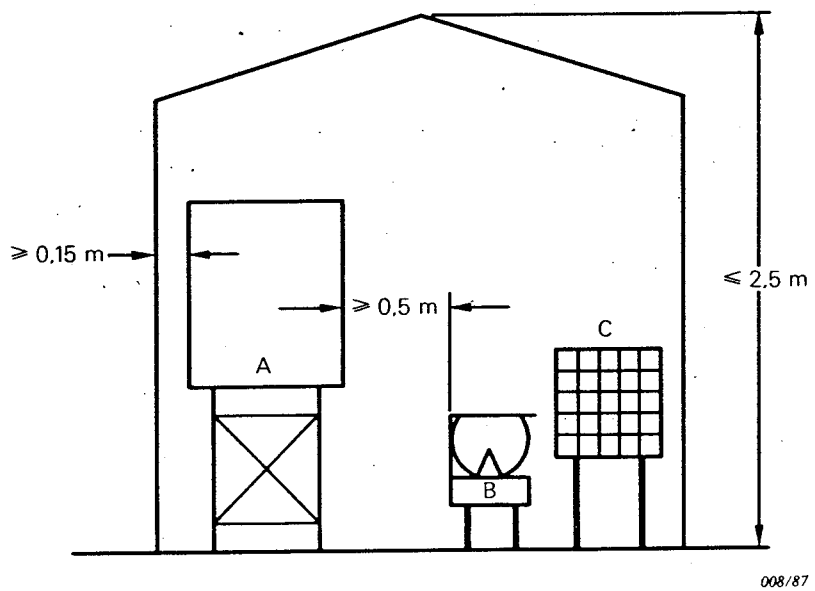
If the criteria in Sub-clauses BB3.1 and BB3.2 are met, the insulation-enclosed switchgear and controlgear shall be considered to have passed the humidity test.



1 = période de surface humide
2 = période de surface sèche
3 = production de brouillard

1 = wet surface period
2 = dry surface period
3 = fog generation

FIG. BB1. — Cycle d'essai.
Test cycle.



A = objet en essai
B = pulvérisateur
C = radiateur

A = test object
B = atomizer
C = radiator

FIG. BB2. — Chambre d'essai.
Test chamber.

— Page blanche —

— Blank page —

ANNEXE CC

NIVEAU D'ISOLEMENT ASSIGNÉ POUR LA SÉRIE II
(Correspondant à la pratique courante du Canada et des États-Unis d'Amérique)

Cette annexe donne pour information les niveaux d'isolement assignés pour la série II, correspondant à la pratique courante au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique, pour 60 Hz seulement.

Tension assignée *U* (valeur efficace) (kV)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête)		Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace)	
	A la terre et entre phases (kV)	Sur la distance de sectionnement (kV)	A la terre et entre phases (kV)	Sur la distance de sectionnement (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4,76	60	66	19	21
8,25	75	83	26	29
15	95	105	36	40
15,5	110	121	50	55
25,8	125	138	60	66
38	150	165	80	88

ANNEXE DD

GUIDE POUR LES ESSAIS DIÉLECTRIQUES APRÈS MONTAGE SUR LE SITE

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

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

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

Des essais diélectriques à courant continu sont à l'étude.

APPENDIX CC

RATED INSULATION LEVEL FOR SERIES II
(Based on current practice in Canada and the United States of America)

This appendix gives for information the rated insulation levels for Series II, based on current practice in Canada and the United States of America for 60 Hz only.

Rated voltage *U* (r.m.s. value) (kV)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value)		Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s. value)	
	To earth and between phases (kV)	Across the isolating distance (kV)	To earth and between phases (kV)	Across the isolating distance (kV)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.76	60	66	19	21
8.25	75	83	26	29
15	95	105	36	40
15.5	110	121	50	55
25.8	125	138	60	66
38	150	165	80	88

APPENDIX DD

GUIDE FOR DIELECTRIC TESTS AFTER ERECTION ON SITE

When agreed between manufacturer and user, power-frequency voltage tests in dry conditions may be carried out on the main circuits of the enclosed switchgear and controlgear after erection on site in exactly the same manner as specified in Sub-clause 7.1 for the routine test at the manufacturer's premises.

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

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

D.C. voltage tests are under consideration.

ICS 29.120.60

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND