

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 517

Deuxième édition — Second edition

1986

**Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse
de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV**

**Gas-insulated metal-enclosed switchgear
for rated voltages of 72.5 kV and above**



© CEI 1986

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

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

- **Bulletin de la C E I**
- **Annuaire de la C E I**
- **Catalogue des publications de la C E I**

Publié annuellement

Terminologie

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

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la C E I, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la C E I: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la C E I: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la C E I, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la C E I établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la C E I préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

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

- **I E C Bulletin**
- **I E C Yearbook**
- **Catalogue of I E C Publications**

Published yearly

Terminology

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

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the I E C for general use, readers are referred to:

- I E C Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- I E C Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from I E C Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

I E C publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list I E C publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 517

Deuxième édition — Second edition

1986

**Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse
de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV**

**Gas-insulated metal-enclosed switchgear
for rated voltages of 72.5 kV and above**



© CEI 1986

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Conditions normales et spéciales de service	8
3. Définitions	8
4. Caractéristiques assignées	12
4.1 Tension assignée	14
4.2 Niveau d'isolement assigné	14
4.3 Fréquence assignée	14
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	14
4.5 Courant de courte durée admissible assigné	16
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné	16
4.7 Durée de court-circuit assignée	16
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	16
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires	16
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour la manœuvre	18
4.101 Masse volumique assignée du gaz pour l'isolement	18
5. Conception et construction	18
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans l'appareillage	18
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	18
5.3 Mise à la terre	18
5.4 Équipement auxiliaire	20
5.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure	20
5.6 Fermeture à accumulation d'énergie	20
5.7 Fonctionnement des déclencheurs	20
5.8 Verrouillages à basse et à haute pression	20
5.9 Plaques signalétiques	20
5.101 Degré de protection	22
5.102 Défaut interne	24
5.103 Enveloppes	26
5.104 Cloisons	28
5.105 Décharge de pression	28
5.106 Sectionneurs et sectionneurs de terre	30
5.107 Verrouillages	30
5.108 Bruit	32
5.109 Dispositions pour les essais diélectriques de câbles	32
6. Essais de type	32
6.1 Essais diélectriques	34
6.2 Essais de tension de perturbation radioélectrique	42
6.3 Essais d'échauffement	42
6.4 Mesurage de la résistance du circuit principal	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
1. Scope	9
2. Normal and special service conditions	9
3. Definitions	9
4. Rating	13
4.1 Rated voltage	15
4.2 Rated insulation level	15
4.3 Rated frequency	15
4.4 Rated normal current and temperature rise	15
4.5 Rated short-time withstand current	17
4.6 Rated peak withstand current	17
4.7 Rated duration of short-circuit	17
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary circuits	17
4.9 Rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits	17
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for operation	19
4.101 Rated density of gas for insulation	19
5. Design and construction	19
5.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear	19
5.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear	19
5.3 Earthing	19
5.4 Auxiliary equipment	21
5.5 Dependent power closing	21
5.6 Stored energy closing	21
5.7 Operation of releases	21
5.8 Low and high pressure interlocking devices	21
5.9 Nameplates	21
5.101 Degree of protection	23
5.102 Internal fault	25
5.103 Enclosures	27
5.104 Partitions	29
5.105 Pressure relief	29
5.106 Disconnectors and earthing switches	31
5.107 Interlocks	31
5.108 Noise	33
5.109 Provisions for dielectric tests on cables	33
6. Type tests	33
6.1 Dielectric tests	35
6.2 Radio interference voltage (RIV) tests	43
6.3 Temperature-rise tests	43
6.4 Measurement of the resistance of the main circuit	45

Articles	Pages
6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissibles	44
6.101 Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure	46
6.102 Essais de fonctionnement mécanique	46
6.103 Vérification du degré de protection des circuits auxiliaires	46
6.104 Epreuves des enveloppes	46
6.105 Essai de protection contre les intempéries	50
6.106 Essai en cas d'arc dû à un défaut interne	50
6.107 Essai de stabilité thermique	50
6.108 Essais de fonctionnement aux températures extrêmes	50
7. Essais individuels de série	52
7.1 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal	52
7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande	52
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal	54
7.101 Mesurage des décharges partielles	54
7.102 Essais de pression des enveloppes	54
7.103 Essais de détection des fuites de gaz	54
7.104 Essais de fonctionnement mécanique	54
7.105 Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques	56
7.106 Vérification de la conformité de la filerie	56
7.107 Essais après montage sur le site	56
8. Guide pour le choix de l'appareillage selon le service	64
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	68
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage	68
10.2 Montage	68
10.3 Maintenance	68
ANNEXE AA — Méthode recommandée pour l'essai de protection contre les intempéries de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse pour l'installation à l'extérieur	70
ANNEXE BB — Méthodes d'essai de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en cas d'arc dû à un défaut interne	74
ANNEXE CC — Considérations techniques et pratiques pour les essais sur le site	80

Clause	Page
6.5 Short-time and peak withstand current tests	45
6.101 Verification of making and breaking capacities	47
6.102 Mechanical operation tests	47
6.103 Verification of the degree of protection for auxiliary circuits	47
6.104 Proof tests for enclosures	47
6.105 Weatherproofing test	51
6.106 Test under conditions of arcing due to an internal fault	51
6.107 Thermal stability test	51
6.108 Operation tests at limit temperatures	51
7. Routine tests	53
7.1 Power-frequency voltage tests on the main circuit	53
7.2 Dielectric tests on auxiliary and control circuits	53
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit	55
7.101 Partial discharge measurement	55
7.102 Pressure tests of enclosures	55
7.103 Gas leakage tests	55
7.104 Mechanical operation tests	55
7.105 Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices	57
7.106 Verification of the correct wiring	57
7.107 Tests after erection on site	57
8. Guide to the selection of the switchgear for service	65
9. Information to be given with enquiries, tenders and orders	65
9.101 Information with enquiries and orders	65
9.102 Information with tenders	67
10. Rules for transport, storage, erection and maintenance	69
10.1 Conditions during transport, storage and erection	69
10.2 Erection	69
10.3 Maintenance	69
APPENDIX AA — Recommended method for the weatherproofing test for outdoor gas-insulated metal-enclosed switchgear	71
APPENDIX BB — Methods for testing gas-insulated metal-enclosed switchgear under conditions of arcing due to an internal fault	75
APPENDIX CC — Technical and practical considerations of site testing	81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE À ISOLATION GAZEUSE DE TENSION ASSIGNÉE ÉGALE OU SUPÉRIEURE À 72,5 kV

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I 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 C E I: Appareillage.

Elle remplace la première édition, parue en 1975.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
17C(BC)49 17C(BC)51	17C(BC)53 17C(BC)56

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 C E I: *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 C E I sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 50(151) (1978): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.
 - 50(441) (1984): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 441: Appareillage et fusibles.
 - 56-4 (1972): Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Quatrième partie: Essais de type et essais individuels.
 - 60-2 (1973): Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais.
 - 129 (1984): Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.
 - 137 (1984): Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V.
 - 141 (—): Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires.
 - 270 (1981): Mesure des décharges partielles.
 - 480 (1974): Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique.
 - 529 (1976): Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes.
 - 651 (1979): Sonomètres.
 - 694 (1980): *Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension*.
 - 859 (1985): Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GAS-INSULATED METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR FOR RATED VOLTAGES OF 72.5 kV AND ABOVE

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the I E C recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the I E C 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 I E C Technical Committee No. 17: Switchgear and Controlgear.

It replaces the first edition, issued in 1975.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
17C(CO)49 17C(CO)51	17C(CO)53 17C(CO)56

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

The standard refers to I E C 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 I E C publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 50(151) (1978): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 151: Electrical and Magnetic Devices.
- 50(441) (1984): International Electrotechnical Vocabulary (IEV); Chapter 441: Switchgear, Controlgear and Fuses.
- 56-4 (1972): High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, Part 4: Type Tests and Routine Tests.
- 60-2 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures.
- 129 (1984): Alternating Current Disconnectors and Earthing Switches.
- 137 (1984): Bushings for Alternating Voltages above 1 000 V.
- 141 (—): Tests on Oil-filled and Gas-pressure Cables and Their Accessories.
- 270 (1981): Partial Discharge Measurements.
- 480 (1974): Guide to the Checking of Sulphur Hexafluoride (SF₆) Taken from Electrical Equipment.
- 529 (1976): Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures.
- 651 (1979): Sound Level Meters.
- 694 (1980): Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards.
- 859 (1985): Cable Connections for Gas-insulated Metal-enclosed Switchgear for Rated Voltages of 72.5 kV and above.

APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE À ISOLATION GAZEUSE DE TENSION ASSIGNÉE ÉGALE OU SUPÉRIEURE À 72,5 kV

1. Domaine d'application

La présente norme spécifie les exigences pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse dont l'isolation est réalisée, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, pour courant alternatif de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV, pour l'installation à l'intérieur et pour l'installation à l'extérieur, et pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Dans le cadre de la présente norme, le terme «appareillage» est utilisé pour «appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse».

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse auquel s'applique cette norme est constitué par des matériels individuels destinés à être directement raccordés entre eux et ne pouvant fonctionner que sous cette forme.

Cette norme complète et modifie, si nécessaire, les différentes normes spécifiques applicables aux matériels individuels constitutifs de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

2. Conditions normales et spéciales de service

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse est, sauf spécification contraire, prévu pour être utilisé dans les conditions normales de service.

Se référer à l'article 2 de la Publication 694 de la C E I: *Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension*, avec la modification suivante:

A une altitude quelconque, les caractéristiques diélectriques de l'isolation interne sont identiques à celles qui sont mesurées au niveau de la mer. Pour cette isolation, par conséquent, aucune exigence n'est applicable concernant l'altitude.

Pour l'installation à l'intérieur, l'humidité de l'air ambiant peut atteindre des valeurs élevées, mais normalement aucune condensation ne se produit sur l'équipement.

3. Définitions

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

3.101 Appareillage de connexion

Terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, les accessoires, les enveloppes et les supports correspondants, destinés en principe à être utilisés dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique (VEI 441-11-02).

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

GAS-INSULATED METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR FOR RATED VOLTAGES OF 72.5 kV AND ABOVE

1. Scope

This standard specifies requirements for gas-insulated metal-enclosed switchgear in which the insulation is obtained, at least partly, by an insulating gas other than air at atmospheric pressure, for alternating current of rated voltages of 72.5 kV and above, for indoor and outdoor installation, and for service frequencies up to and including 60 Hz.

For the purpose of this standard the term “switchgear” is used for “gas-insulated metal-enclosed switchgear”.

The gas-insulated metal-enclosed switchgear covered by this standard consists of individual components intended to be directly connected together and able to operate only in this manner.

This standard completes and amends, if necessary, the various relevant standards applying to the individual components constituting gas-insulated metal-enclosed switchgear.

2. Normal and special service conditions

Unless otherwise specified, the gas-insulated metal-enclosed switchgear is designed to be used under normal service conditions.

Refer to Clause 2 of IEC Publication 694: Common Clauses for High-voltage Switchgear and Controlgear Standards, with the following modification:

At any altitude the dielectric characteristics of the internal insulation are identical with those measured at sea-level. For this insulation, therefore, no requirements concerning the altitude are applicable.

For indoor installation, the humidity of the ambient air may attain high values, but condensation on the equipment does not normally occur.

3. Definitions

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

3.101 Switchgear

A general term covering switching devices and their combination with associated control, measuring, protective and regulating equipment, also assemblies of such devices and equipment with associated interconnections, accessories, enclosures and supporting structures, intended in principle for use in connection with generation, transmission, distribution and conversion of electric energy (IEV 441-11-02).

3.102 *Appareillage sous enveloppe métallique*

Ensemble d'appareillage avec une enveloppe métallique externe destinée à être mise à la terre, entièrement terminé à l'exception des connexions extérieures (VEI 441-12-04).

3.103 *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse*

Appareillage de connexion sous enveloppe métallique dans laquelle l'isolation est obtenue, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à la pression atmosphérique (VEI 441-12-05).

Note. — Ce terme s'applique généralement à l'appareillage à haute tension.

3.104 *Unité de transport*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse pouvant être transportée sans être démontée.

3.105 *Enveloppe*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse contenant le gaz isolant dans les conditions prescrites nécessaires pour conserver avec sûreté le niveau d'isolement assigné, protégeant l'équipement contre les effets extérieurs et procurant un haut degré de protection pour les personnes.

3.106 *Compartiment*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse entièrement fermée à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions et à la commande.

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

3.107 *Matériel*

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

3.108 *Cloison*

Partie d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse séparant un compartiment des autres compartiments (VEI 441-13-06).

3.109 *Traversée*

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

3.110 *Circuit principal*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse 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.

3.111 *Circuit auxiliaire*

Toutes les parties conductrices d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse 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 métallique à isolation gazeuse comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

3.102 *Metal-enclosed switchgear and controlgear*

Switchgear and controlgear assemblies with an external metal enclosure intended to be earthed, and complete except for external connections (IEV 441-12-04).

3.103 *Gas-insulated metal-enclosed switchgear*

Metal-enclosed switchgear in which the insulation is obtained, at least partly, by an insulating gas other than air at atmospheric pressure (IEV 441-12-05).

Note. — This term generally applies to high-voltage switchgear and controlgear.

3.104 *Transport unit*

A part of gas-insulated metal-enclosed switchgear suitable for shipment without being dismantled.

3.105 *Enclosure*

A part of gas-insulated metal-enclosed switchgear retaining the insulating gas under the prescribed conditions necessary to maintain safely the rated insulation level, protecting the equipment against external influences and providing a high degree of protection to personnel.

3.106 *Compartment*

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

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

3.107 *Component*

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

3.108 *Partition*

A part of gas-insulated metal-enclosed switchgear separating one compartment from other compartments (IEV 441-13-06).

3.109 *Bushing*

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

3.110 *Main circuit*

All the conductive parts of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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.

3.111 *Auxiliary circuit*

All the conductive parts of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 gas-insulated metal-enclosed switchgear include the control and auxiliary circuits of the switching devices.

3.112 *Valeur assignée*

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

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

3.113 *Température de l'air ambiant (de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse)*

Température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure l'enveloppe externe de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

3.114 *Température de calcul (de l'enveloppe)*

Température maximale pouvant être atteinte par l'enveloppe dans les conditions de service. C'est généralement la limite supérieure de la température de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement dû au passage du courant assigné en service continu.

Note. — Il convient de tenir compte du rayonnement solaire en cas d'effet significatif de celui-ci.

3.115 *Pression de calcul (de l'enveloppe)*

Pression retenue pour déterminer l'épaisseur de l'enveloppe. Elle est au moins égale à la pression maximale atteinte à l'intérieur de l'enveloppe à la température de calcul.

3.116 *Décharge disruptive*

Phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique, 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 métallique à isolation gazeuse 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 (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 métallique à isolation gazeuse, y compris leurs dispositifs de manœuvre et l'équipement auxiliaire;
- i) masse volumique assignée du gaz pour l'isolement.

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 métallique à isolation gazeuse est à l'étude.

3.112 *Rated value*

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

Note. — See Clause 4 for individual rated values.

3.113 *Ambient air temperature (of gas-insulated metal-enclosed switchgear)*

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

3.114 *Design temperature (of the enclosure)*

The highest temperature which can be reached by the enclosure under service conditions. This is generally the upper limit of ambient air temperature increased by the temperature rise due to the flow of rated normal current.

Note. — Solar radiation should be taken into account when it has a significant effect.

3.115 *Design pressure (of the enclosure)*

The pressure used to determine the thickness of the enclosure. It is equal to at least the upper limit of the pressure reached within the enclosure at the design temperature.

3.116 *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 almost 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 gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 (for main and earthing circuits);
- g) rated duration of short circuit;
- h) rated values of the components forming part of gas-insulated metal-enclosed switchgear, including their operating devices and auxiliary equipment;
- i) rated density of gas for insulation.

The co-ordination of rated voltages, rated short-time withstand currents, rated peak withstand currents and rated normal currents of gas-insulated metal-enclosed switchgear is under consideration.

4.1 Tension assignée

Se référer aux paragraphes 4.1 et 4.1.2 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant la valeur assignée 72,5 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

Pour l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV, des valeurs de tension de tenue assignée ont été choisies parmi celles qui figurent au paragraphe 4.2 de la Publication 694 de la C E I (comme indiqué au tableau I).

L'appareillage contient des matériels possédant un niveau d'isolement défini. Bien que l'on puisse, dans une grande mesure, éviter des défauts internes par le choix d'un niveau d'isolement convenable, il est recommandé d'envisager des moyens de limitation des surtensions externes (parafoudres, éclateurs de protection).

Notes 1. — En ce qui concerne les parties externes des traversées (si elles existent), se reporter à la Publication 137 de la C E I: Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V.

2. — Les formes d'onde considérées au tableau I sont des formes de chocs de foudre et de chocs de manœuvre conventionnelles, dans l'attente des résultats d'études sur la tenue de ces matériels à d'autres types de chocs.

TABLEAU I

Tension assignée (valeur efficace) (kV) (1)	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (valeur de crête) (kV) (2)	Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre (valeur de crête) (kV) (3)	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) (kV) (4)	Tension d'essai à fréquence industrielle (valeur efficace) (kV) (5)
72,5	325		140	
100	450		185	
125	550		230	
145	650		275	
170	750		325	
245	950		395	
300	1 050	850		380
362	1 175	950		450
420	1 300	1 050		520
525	1 425	1 175		620
765	1 800	1 425		830

4.3 Fréquence assignée

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

16 2/3 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 C E I en ajoutant l'alinéa suivant:

4.1 Rated voltage

Refer to Sub-clauses 4.1 and 4.1.2 of I E C Publication 694 with the addition of the rated value 72.5 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

For gas-insulated metal-enclosed switchgear with a rated voltage of 72.5 kV and above, rated withstand voltage values have been selected from Sub-clause 4.2 of I E C Publication 694 (as listed in Table I).

The switchgear comprises components having a definite insulation level. Although internal faults can largely be avoided by the choice of a suitable insulation level, measures to limit external overvoltages (surge arresters, protective sparkgaps) should be considered.

Notes 1. — Regarding the external parts of bushings (if any), refer to I E C Publication 137: Bushings for Alternating Voltages above 1 000 V.

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

TABLE I

Rated voltage (r.m.s. value) (kV) (1)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak value) (kV) (2)	Rated switching impulse withstand voltage (peak value) (kV) (3)	Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s. value) (kV) (4)	Power frequency test voltage (r.m.s. value) (kV) (5)
72.5	325		140	
100	450		185	
123	580		230	
145	650		275	
170	750		325	
245	950		395	
300	1 050	850		380
362	1 175	950		450
420	1 300	1 050		520
525	1 425	1 175		620
765	1 800	1 425		830

4.3 Rated frequency

Refer to Sub-clause 4.3 of I E C 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 I E C Publication 694 with the addition of the following paragraph:

Certains circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (par exemple jeux de barres, circuits d'alimentation, etc.) peuvent avoir des valeurs différentes de courant assigné en service continu. Il convient de les choisir de préférence parmi les valeurs suivantes:

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

4.4.2 *Echauffement*

Se référer au paragraphe 4.4.2 de la Publication 694 de la C E I 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 C E I ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par la norme particulière à ces matériels.

L'échauffement des enveloppes accessibles ne doit pas dépasser 30 K. Dans le cas d'enveloppes accessibles, mais non prévues pour être touchées pendant la manœuvre normale, la limite de l'échauffement peut être portée à 40 K.

Note. — Dans le cas d'échauffement égal ou supérieur à 65 K pour des parties de l'enveloppe non accessibles à l'opérateur, toutes les précautions sont à prendre pour être sûr qu'aucun dommage n'est causé aux matériaux isolants voisins.

4.5 *Courant de courte durée admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.5 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant l'alinéa suivant:

Il convient de choisir le courant de courte durée admissible assigné de préférence parmi les valeurs suivantes:

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

4.6 *Valeur de crête du courant admissible assigné*

Se référer au paragraphe 4.6 de la Publication 694 de la C E I.

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 les plus faibles du matériel en série dans le circuit.

4.7 *Durée de court-circuit assignée*

Se référer au paragraphe 4.7 de la Publication 694 de la C E I.

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 C E I.

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 C E I en ajoutant l'alinéa suivant:

La fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires est la fréquence pour laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement et d'échauffement de ces dispositifs et de ces circuits.

Some main circuits of gas-insulated metal-enclosed switchgear (e.g. busbars, feeder circuits, etc.) may have different values of rated normal current. They should preferably be selected from the following values:

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

4.4.2 *Temperature rise*

Refer to Sub-clause 4.4.2 of I E C 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 I E C Publication 694 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for those components.

The temperature rise for accessible enclosures shall not exceed 30 K. In the case of enclosures which are accessible but need not be touched during normal operation, the temperature-rise limit may be increased to 40 K.

Note. — When applying a temperature rise equal to or higher than 65 K for parts of the enclosure not accessible to the operator, every precaution is to be taken to ensure that no damage is caused to the surrounding insulating materials.

4.5 *Rated short-time withstand current*

Refer to Sub-clause 4.5 of I E C Publication 694 with the addition of the following paragraph:

The rated short-time withstand current should preferably be selected from the following values:

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

4.6 *Rated peak withstand current*

Refer to Sub-clause 4.6 of I E C 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.

4.7 *Rated duration of short-circuit*

Refer to Sub-clause 4.7 of I E C Publication 694.

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

Refer to Sub-clause 4.8 of I E C Publication 694.

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

Refer to Sub-clause 4.9 of I E C Publication 694 with the addition of the following paragraph:

The rated supply frequency of operating devices and auxiliary circuits is the frequency at which the conditions of operation and temperature rise of these devices and circuits are determined.

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

Se référer au paragraphe 4.10 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant l'alinéa suivant:

Il faut entendre par pression d'alimentation en gaz comprimé, la pression mesurée dans le réservoir immédiatement avant le fonctionnement.

4.101 *Masse volumique assignée du gaz pour l'isolement*

La masse volumique assignée du gaz pour l'isolement est la masse volumique fixée par le constructeur pour laquelle est prévue l'utilisation en service de l'appareillage.

La masse volumique minimale de gaz est la valeur de la masse volumique fixée par le constructeur à laquelle et au-dessus de laquelle le niveau d'isolement assigné est assuré.

5. **Conception et construction**

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse doit être construit de telle façon que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance, 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 effectués sans risque, y compris la vérification de l'ordre de succession des phases après installation et après extension.

La conception de l'équipement doit être telle que le déplacement des fondations ou les effets thermiques admissibles et acceptés ne réduisent pas les caractéristiques assignées de l'équipement.

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

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

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

Se référer au paragraphe 5.1 de la Publication 694 de la C E I.

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

Se référer au paragraphe 5.2 de la Publication 694 de la C E I.

Note. — Pour le contrôle de l'hexafluorure de soufre en service, voir la Publication 480 de la C E I: Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique.

5.3 *Mise à la terre*

Se référer au paragraphe 5.3 de la Publication 694 de la C E I.

5.3.101 *Mise à la terre des circuits principaux*

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

La mise à la terre peut être réalisée par:

- a) des sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture égal à la valeur de crête du courant admissible assigné, si l'on n'a pas la certitude de la mise hors tension du circuit raccordé;

4.10 *Rated pressure of compressed gas supply for operation*

Refer to Sub-clause 4.10 of I E C Publication 694 with the addition of the following paragraph:

The pressure of the compressed gas supply is understood to be the pressure measured in the reservoir immediately before the operation.

4.101 *Rated density of gas for insulation*

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

The minimum gas density is the value of the density assigned by the manufacturer at and above which the rated insulation level applies.

5. **Design and construction**

Gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be designed so that normal service, inspection and maintenance operations, 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, including the checking of phase sequence after erection and extension.

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

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

The various components contained within the enclosure are subject to their relevant standards except where modified by this standard.

5.1 *Requirements for liquids in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.1 of I E C Publication 694.

5.2 *Requirements for gases in switchgear and controlgear*

Refer to Sub-clause 5.2 of I E C Publication 694.

Note. — For checking of sulphur hexafluoride in service, refer to I E C Publication 480: Guide for the Checking of Sulphur Hexafluoride (SF₆) Taken from Electrical Equipment.

5.3 *Earthing*

Refer to Sub-clause 5.3 of I E C Publication 694.

5.3.101 *Earthing of the main circuits*

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

Earthing may be made by:

- a) earthing switches with a making capacity equal to the rated peak withstand current, if there is no certainty that the circuit connected is not alive;

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

5.3.102 *Mise à la terre de l'enveloppe*

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

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

5.4 *Équipement auxiliaire*

Se référer au paragraphe 5.4 de la Publication 694 de la C E I.

5.5 *Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure*

Se référer au paragraphe 5.5 de la Publication 694 de la C E I.

5.6 *Fermeture à accumulation d'énergie*

Se référer au paragraphe 5.6 de la Publication 694 de la C E I.

5.7 *Fonctionnement des déclencheurs*

Se référer au paragraphe 5.7 de la Publication 694 de la C E I.

5.8 *Verrouillages à basse et à haute pression*

Se référer au paragraphe 5.8 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

Il est recommandé de prévoir un signal lorsque la masse volumique de gaz pour l'isolement a atteint la masse volumique minimale de gaz (voir paragraphe 4.101).

5.9 *Plaques signalétiques*

Se référer au paragraphe 5.9 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, tous les dispositifs de manœuvre et matériels principaux, tels que définis par accord entre constructeur et utilisateur, doivent être munis de plaques signalétiques durables et clairement lisibles qui contiennent les renseignements suivants:

- le nom du constructeur ou la marque de fabrique;
- la désignation du type ou un numéro de série.

Il est recommandé de donner également les indications suivantes:

- tension assignée;
- courants assignés en service continu pour les barres omnibus et les circuits;

- b) earthing switches without a making capacity or with a making capacity lower than the rated peak withstand current, if there is certainty that the circuit connected is not alive;
- c) removable earthing devices, only by agreement between manufacturer and user.

5.3.102 *Earthing of the enclosure*

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

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

5.4 *Auxiliary equipment*

Refer to Sub-clause 5.4 of I E C Publication 694.

5.5 *Dependent power closing*

Refer to Sub-clause 5.5 of I E C Publication 694.

5.6 *Stored energy closing*

Refer to Sub-clause 5.6 of I E C Publication 694.

5.7 *Operation of releases*

Refer to Sub-clause 5.7 of I E C Publication 694.

5.8 *Low and high pressure interlocking devices*

Refer to Sub-clause 5.8 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

For gas-insulated metal-enclosed switchgear it is recommended that a signal be provided when the gas density for insulation has fallen to the minimum gas density (see Sub-clause 4.10k).

5.9 *Nameplates*

Refer to Sub-clause 5.9 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

Gas-insulated metal-enclosed switchgear, all its operating devices and main components, as agreed between manufacturer and user, 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.

It is recommended that the following data are also given:

- rated voltage;
- rated normal currents for busbars and circuits;

- fréquence assignée;
- courant de courte durée admissible assigné;
- pression assignée pour la manœuvre;
- masse volumique minimale de gaz pour l'isolement;
- pression de calcul pour les enveloppes.

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

5.101 Degré de protection

5.101.1 Degré de protection des circuits principaux

Il n'existe aucune prescription pour le circuit principal ni pour les parties qui lui sont directement raccordées.

5.101.2 Degré de protection des circuits auxiliaires

Pour les circuits auxiliaires, le degré de protection contre le contact des personnes avec les parties actives et les parties en mouvement est indiqué par la désignation spécifiée au tableau II.

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

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

Le terme « exclus » implique soit qu'une partie du corps ou un objet tenu par une personne n'entrera pas dans l'enveloppe, soit, si elle ou il entre, qu'une distance d'isolement adéquate sera maintenue et qu'aucune partie en mouvement ne sera touchée.

L'équipement pour l'installation à l'extérieur prévu avec une protection appropriée à ces conditions est repéré par la lettre caractéristique W placée immédiatement à la suite des lettres IP.

Les conditions particulières de service sont à considérer (voir l'article 2) afin de protéger l'équipement contre les agents atmosphériques.

TABLEAU II

Degrés de protection contre la pénétration de corps solides étrangers et contre l'accès à des parties actives ou en mouvement

Désignation	Définition
IP2X	Protégé contre les corps solides de plus de 12 mm de diamètre et les doigts ou objets analogues ne dépassant pas 80 mm de longueur
IP3X	Protégé contre outils, fils, etc., de diamètre ou d'épaisseur supérieurs à 2,5 mm et corps solides de plus de 2,5 mm de diamètre
IP4X	Protégé contre fils ou bandes de diamètre ou d'épaisseur supérieurs à 1,0 mm et corps solides de plus de 1,0 mm de diamètre
IP5X	Protégé contre la poussière; la pénétration de la poussière n'est pas totalement empêchée, mais la poussière ne peut pas entrer en quantité suffisante pour nuire au bon fonctionnement de l'équipement

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 des circuits auxiliaires contre l'entrée nuisible d'eau n'est prescrit.

- rated frequency;
- rated short-time withstand current;
- rated pressure for operation;
- minimum gas density for insulation;
- design pressure for enclosures.

Note. — The word “rated” need not appear on the nameplate.

5.101 *Degree of protection*

5.101.1 *Degree of protection for the main circuits*

No specification applies to the main circuit and parts directly connected thereto.

5.101.2 *Degree of protection for auxiliary circuits*

For auxiliary circuits the degree of protection against contact of persons with live parts and moving parts shall be indicated by means of the designation specified in Table II.

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

Table II 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 of an object 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.

Equipment for outdoor installation provided with appropriate protection features shall be indicated by the characteristic letter W placed immediately after the letters IP.

The relevant service conditions shall be observed (see Clause 2) in order to protect the equipment against atmospheric agents.

TABLE II

Degrees of protection against ingress of foreign solid objects and against access to live or moving parts

Designation	Definition
IP2X	Protected against solid objects greater than 12 mm in diameter and fingers or similar objects not exceeding 80 mm in length
IP3X	Protected against tools, wires, etc., of diameter or thickness greater than 2.5 mm and solid objects exceeding 2.5 mm in diameter
IP4X	Protected against wires or strips of diameter or thickness greater than 1.0 mm and solid objects exceeding 1.0 mm in diameter
IP5X	Dust-protected; the ingress of dust is not totally prevented but dust does not interfere with satisfactory operation of the equipment

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 for auxiliary circuits against harmful ingress of water is specified.

5.102 Défaut interne

5.102.1 Généralités

La probabilité d'un défaut conduisant à un arc dans l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse construit selon cette norme est faible. Cela résulte de l'utilisation d'un fluide isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, exempt de pollution, d'humidité ou de vermine. De plus, les qualités de l'isolation peuvent être vérifiées par des essais diélectriques sur des unités assemblées en usine ou sur le site. Si la probabilité d'un tel défaut est faible, la probabilité que celui-ci se produise en présence de personnel est encore plus faible, en particulier parce que les postes à isolation gazeuse sont des zones d'opération électrique fermées dont l'accès n'est permis qu'au personnel autorisé.

Des exemples de dispositions pour éviter les arcs dus à un défaut interne, et pour limiter leur durée et leurs conséquences sont :

- la coordination de l'isolement;
- la limitation et la surveillance des fuites de gaz;
- la protection rapide;
- les dispositifs de court-circuitage rapide des arcs;
- la commande à distance;
- les décharges de pression, internes et/ou externes;
- le contrôle de la main-d'œuvre sur le site.

En principe des dispositions sont également prises pour réduire les effets de défauts internes conduisant à un arc sur la continuité de service de l'appareillage. L'effet d'un arc est, en principe, limité au compartiment dans lequel il s'est produit, ou aux autres compartiments de la section en défaut, si un dispositif de décharge de pression est utilisé entre compartiments dans cette section. Après séparation et isolation du compartiment ou de la section, le rétablissement du fonctionnement normal de l'équipement restant est, en principe, possible.

Si, en dépit des dispositions prises, un essai est décidé par accord entre constructeur et utilisateur pour vérifier l'effet de l'arc dû à un défaut interne, il convient de conduire cet essai selon le paragraphe 6.106.

Dans le cas d'appareillage monophasé sous enveloppe installé dans des réseaux à neutre isolé ou mis à la terre par bobine d'extinction, et équipé d'une protection pour limiter la durée des défauts internes à la terre, les essais ne sont normalement pas nécessaires.

5.102.2 Effets externes de l'arc

Afin d'atteindre un haut degré de protection pour le personnel, les effets externes d'un arc doivent être limités (par un système approprié de protection) à l'apparition d'un trou ou d'une déchirure sur l'enveloppe, sans aucune éjection non contrôlée de matériau solide.

Le constructeur doit fournir des informations suffisantes concernant le système de protection employé.

Le constructeur et l'utilisateur peuvent convenir d'une durée pendant laquelle un arc dû à un défaut interne, jusqu'à une valeur donnée du courant de court-circuit, ne causera pas d'effets externes.

5.102.3 Localisation du défaut interne

Il convient que le constructeur de l'appareillage propose des mesures appropriées pour la localisation des défauts, lorsque l'utilisateur le demande.

5.102 *Internal fault*

5.102.1 *General*

A fault leading to arcing within gas-insulated metal-enclosed switchgear built to this standard has a low order of probability. This results from the application of an insulating fluid other than air at atmospheric pressure which will not be altered by pollution, humidity or vermin. Further, the insulating qualities may be checked by dielectric tests on assembled units in the factory and on site. While the probability of such a fault is low, the probability of a fault occurring with personnel present is even lower, especially since gas-insulated substations are closed electrical operating areas, the access to which is permitted only to authorized personnel.

Examples of measures to avoid arcing due to an internal fault and to limit duration and consequences are:

- insulation co-ordination;
- gas-leakage limitation and control;
- high-speed protection;
- high-speed arc short-circuiting devices;
- remote control;
- internal and/or external pressure reliefs;
- checking of workmanship on site.

Arrangements should also be made to minimize the effects of internal faults leading to arcing on the continued service capability of the switchgear. The effect of an arc should be confined to the compartment in which the arc has been initiated, or to the other compartments in the faulty section, if pressure relief is used between compartments within this section. After disconnection of the compartment or section, restoration of the normal operation of the remaining equipment should be possible.

If, in spite of the measures taken, a test is agreed between manufacturer and user to verify the effect of arcing due to an internal fault, this test should be in accordance with Sub-clause 6.106.

Tests would normally not be necessary in the case of single-phase enclosed switchgear installed in isolated neutral or resonant earthed systems and equipped with a protection to limit the duration of internal earth faults.

5.102.2 *External effects of the arc*

In order to provide a high degree of protection to personnel, the external effects of an arc shall be limited (by a suitable protective system) to the appearance of a hole or tear in the enclosure without any uncontrolled ejection of solid material.

The manufacturer shall provide sufficient information regarding the protective system employed.

Manufacturer and user may agree upon a time during which an arc due to an internal fault up to a given value of short-circuit current will cause no external effects.

5.102.3 *Internal fault location*

The manufacturer of the switchgear should propose appropriate measures for fault location, if required by the user.

5.103 Enveloppes

5.103.1 Généralités

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

Bien que les enveloppes d'équipement à remplissage de gaz conforme à la présente norme soient en service sous pression permanente, elles sont soumises à des conditions de service particulières qui les différencient des réservoirs d'air comprimé ou des réservoirs de stockage similaires. Ces conditions sont:

- non seulement les enveloppes enferment le circuit principal pour empêcher toute approche dangereuse des parties actives ou en mouvement, mais encore ont-elles les formes nécessaires pour assurer le niveau d'isolement assigné (voir paragraphe 4.2) de l'équipement lorsqu'elles sont remplies à une masse volumique égale ou supérieure à la masse volumique minimale de gaz pour l'isolement (voir paragraphe 4.101) (des considérations d'ordre électrique plutôt que mécanique sont déterminantes pour le choix des formes et des matériaux utilisés);
- les enveloppes sont remplies normalement avec un gaz non corrosif, complètement sec, stable et inerte; comme il est fondamental pour le bon fonctionnement de l'appareillage de maintenir ce gaz dans cet état avec seulement de faibles variations de pression, et comme les enveloppes ne seront pas soumises à une corrosion interne, la prise en compte de ces facteurs est inutile pour la conception des enveloppes (cependant, il convient de tenir compte des effets possibles des vibrations transmises);
- la pression de service est relativement faible.

Pour l'installation à l'extérieur, le constructeur doit tenir compte de l'influence des conditions climatiques (voir article 2).

5.103.2 Conception des enveloppes

En attendant la normalisation d'une procédure reconnue internationalement, les méthodes pour le calcul de l'épaisseur et la construction des enveloppes soudées ou moulées peuvent être choisies dans des codes reconnus de réservoirs à pression, en prenant comme base la température et la pression de calcul définies par la présente norme.

Note. — Pour la conception d'une enveloppe il convient, en principe, de tenir compte des données suivantes:

- a) mise à vide éventuelle de l'enveloppe au cours des opérations normales de remplissage;
- b) différence totale de pression possible, de part et d'autre des parois de l'enveloppe ou des cloisons;
- c) pression résultant d'une fuite accidentelle entre compartiments pour des compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes;
- d) possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir paragraphe 5.102).

Pour déterminer la pression de calcul de l'enveloppe, la température du gaz est supposée égale à la moyenne des températures maximales de l'enveloppe et du conducteur de circuit principal sous le courant assigné en service continu, à moins que la pression de calcul ne puisse être déduite des résultats découlant d'essais d'échauffement.

Pour démontrer que les enveloppes et parties d'enveloppes, dont la résistance n'a pas été complètement calculée, satisfont aux exigences requises, il doit être procédé à des épreuves (voir paragraphe 6.104).

Les matériaux utilisés dans la construction des enveloppes doivent avoir des caractéristiques mécaniques minimales connues et certifiées, servant de base aux calculs et/ou aux épreuves. Le constructeur est responsable du choix des matériaux et du respect de ces caractéristiques minimales, d'après des certificats de fournisseurs ou d'après des essais faits par lui-même ou d'après les deux à la fois.

5.103 Enclosures

5.103.1 General

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

While the enclosures of gas-filled equipment conforming to this standard are permanently pressurized in service they are subjected to particular conditions of service which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels. These conditions are:

- enclosures envelop the main circuit not only to prevent hazardous approach to live or moving parts but are so shaped that when filled at or above the minimum gas density for insulation (see Sub-clause 4.101) they ensure that the rated insulation level (see Sub-clause 4.2) for the equipment is achieved (electrical rather than mechanical considerations predominate in determining the shape and materials employed);
- enclosures are normally filled with a non-corrosive gas, thoroughly dried, stable and inert; since measures to maintain the gas in this condition with only small fluctuations in pressure are fundamental to the operation of the switchgear and since the enclosures will not be subject to internal corrosion, there is no need to make allowances for these factors in determining the design of the enclosures (however, the effect of possible transmitted vibrations should be taken into account);
- the service pressure employed is relatively low.

For outdoor installation, the manufacturer shall take into account the influence of climatic conditions (see Clause 2).

5.103.2 Design of enclosures

Pending international agreement on a standard procedure, methods for the calculation of the thickness and the construction of enclosures either by welding or casting may be chosen from established pressure vessel codes based on the design temperature and design pressure defined in this standard.

Note. — When designing an enclosure, account should also be taken of the following:

- a) the possible evacuation of the enclosure as part of the normal filling process;
- b) the full differential pressure possible across the enclosure walls or partitions;
- c) the resulting pressure in the event of an accidental leak between the compartments in the case of adjacent compartments having different service pressures;
- d) the possibility of the occurrence of an internal fault (see Sub-clause 5.102).

In determining the design pressure of the enclosure, the gas temperature shall be taken as the mean of the upper limits of the enclosure temperature and the main circuit conductor temperature with rated normal current flowing unless the design pressure can be established from existing temperature-rise test records.

For enclosures and parts thereof, the strength of which has not been fully determined by calculation, proof tests (see Sub-clause 6.104) shall be performed to demonstrate that they fulfil the requirements.

Materials used in the construction of enclosures shall be of known and certified minimum physical properties on which calculations and/or proof tests are based. The manufacturer shall be responsible for the selection of the materials and the maintenance of these minimum properties, based on certification of the material supplier, or tests conducted by the manufacturer, or both.

5.103.3 *Étanchéité*

Puisqu'un gaz comprimé est utilisé pour l'isolement, un degré élevé d'étanchéité est demandé pour l'enveloppe. Le constructeur indique en principe le taux de fuite de gaz admissible, annuel ou journalier.

Sur demande de l'utilisateur, en vue de permettre d'effectuer la maintenance dans un compartiment lorsque les compartiments voisins contiennent un gaz sous pression, il convient également que le constructeur indique le taux de fuite de gaz admissible à travers les cloisons.

5.104 *Cloisons*

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse est divisé en compartiments en vue de répondre aux conditions normales de fonctionnement et d'obtenir une limitation des effets d'un arc à l'intérieur du compartiment (voir paragraphe 5.102.1).

A cet effet, des cloisons sont nécessaires afin d'assurer que les caractéristiques diélectriques dans un compartiment ne sont pas altérées de façon importante lorsqu'un compartiment voisin est soumis à une pression réduite par suite de fuites ou d'opérations de maintenance. Les cloisons sont généralement constituées par un matériau isolant mais ne sont pas destinées à assurer par elles-mêmes la sécurité électrique des personnes, sécurité pour laquelle d'autres moyens, tels que la mise à la terre de l'équipement, peuvent être nécessaires. Toutefois, les cloisons assurent la sécurité mécanique vis-à-vis de la pression normale du gaz qui existe encore dans le compartiment voisin.

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

5.105 *Décharge de pression*

Les dispositifs de décharge de pression prévus conformément au présent paragraphe sont placés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant qu'il effectue les tâches normales d'exploitation dans le poste à isolation gazeuse si des gaz ou vapeurs s'échappent sous pression.

Note. — Le terme «dispositif de décharge de pression» recouvre à la fois:

des soupapes de décharge caractérisées par une pression d'ouverture et une pression de refermeture;
des dispositifs de décharge sans refermeture, tels que des diaphragmes ou des disques de rupture.

5.105.1 *Soupapes de décharge pour limiter la pression maximale de remplissage*

Dans le cas d'enveloppes reliées en permanence à une source de gaz comprimé, on ne peut pas se fier aux dispositifs de régulation de pression pour éviter toute surpression. Des soupapes de décharge de section suffisante sont prévues afin d'empêcher que la pression à l'intérieur de l'enveloppe dépasse de plus de 10% la pression de calcul en cas de défaillance des dispositifs de régulation de pression.

Dans le cas d'enveloppes non reliées en permanence à une source de gaz comprimé, une soupape de décharge est montée sur le tuyau de remplissage afin d'empêcher que la pression dépasse de plus de 10% la pression de calcul pendant le remplissage de l'enveloppe. En variante, la soupape peut être montée sur l'enveloppe elle-même.

Après une ouverture, une soupape de décharge doit se refermer avant que la pression ne soit descendue à 75% de la pression de calcul.

Il est recommandé de choisir la pression de remplissage en tenant compte de la température du gaz au moment du remplissage, par exemple en utilisant des manomètres avec compensation de température.

5.103.3 *Tightness*

Because compressed gas is used for insulation a high degree of tightness is required for the enclosure. The permissible yearly or daily escape of gas should be stated by the manufacturer.

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

5.104 *Partitions*

Gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be divided into compartments in such a manner that both the normal operating conditions are met and a limitation of the effects of an arc inside the compartment is obtained (see Sub-clause 5.102.1).

For this purpose partitions are required to ensure that the dielectric characteristics in one compartment are not substantially altered when an adjacent compartment is at reduced pressure due to leaks or maintenance operations. They are generally of insulating material but are not intended by themselves to provide electrical safety of personnel, for which other means such as earthing of the equipment may be necessary; they shall, however, provide mechanical safety against the normal gas pressure still present in the adjacent compartment.

A partition separating a compartment filled with insulating gas from a neighbouring compartment filled with liquid, such as a cable box or a voltage transformer, shall not show any leakage affecting the dielectric properties of the two media.

5.105 *Pressure relief*

Pressure relief devices in accordance with this sub-clause shall be arranged so as to minimize the danger to an operator during the time he is performing his normal operating duties in the gas-insulated substation if gases or vapours are escaping under pressure.

Note. — The term "pressure relief device" includes both:
pressure relief valves, characterized by an opening pressure and a closing pressure;
non-reclosing pressure relief devices, such as diaphragms and bursting disks.

5.105.1 *Pressure relief valves to limit maximum filling pressure*

In the case of an enclosure permanently connected to a compressed gas supply, the devices employed for pressure regulation cannot be relied upon to prevent overpressure. Pressure relief valves of adequate size shall be fitted to prevent the pressure within the enclosure from rising to more than 10% above the design pressure in the event of failure of the pressure regulation means.

In the case of enclosures not permanently connected to a compressed gas supply, a pressure relief valve shall be fitted to the filling pipe to prevent the gas pressure from rising to more than 10% above the design pressure during the filling of the enclosure. Alternatively the valve may be fitted to the enclosure itself.

After an opening operation of a pressure relief valve, it shall reclose before the pressure has fallen to 75% of the design pressure.

The filling pressure should be chosen to take into account the gas temperature at the time of filling, for example checking by temperature-compensated pressure gauges.

5.105.2 Dispositifs de décharge pour limiter l'élévation de pression en cas de défaut interne

Comme après un arc dû à un défaut interne les enveloppes endommagées seront remplacées, les dispositifs de décharge de pression n'ont besoin d'être dimensionnés que pour limiter les effets externes de l'arc (voir paragraphe 5.102.2).

Notes 1. — Dans le cas d'un défaut interne provoquant la déformation plastique d'une enveloppe, il est recommandé de vérifier l'absence de déformation sur les enveloppes voisines.

2. — En cas d'emploi de disques de rupture pour la décharge de pression, il convient de porter une attention particulière à leur pression de rupture, comparée à la pression de calcul de l'enveloppe (voir paragraphe 3.115) pour diminuer les risques de rupture intempestive.

5.106 Sectionneurs et sectionneurs de terre

Les dispositifs assurant la distance de sectionnement entre conducteurs à haute tension sont considérés comme des sectionneurs qui satisfont à la Publication 129 de la C E I: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif, sauf en ce qui concerne les essais de fonctionnement mécanique pour lesquels les paragraphes 6.102 et 7.104 sont applicables.

L'exigence de la Publication 129 de la C E I, selon laquelle il doit être possible de contrôler la position du sectionneur ou du sectionneur de terre est remplie si la position du sectionneur ou du sectionneur de terre est indiquée par un dispositif indicateur sûr.

La coordination des niveaux d'isolement par rapport à la terre et sur la distance de sectionnement n'est pas nécessairement obtenue par la construction ou par la conception de l'appareillage. Des parafoudres ou d'autres dispositifs sont recommandés pour réaliser une telle coordination. Pour ce type d'appareillage, aucune exigence supplémentaire n'est nécessaire à l'exception du niveau d'isolement de la distance de sectionnement qui doit être conforme au point *b*) du paragraphe 6.14.

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

5.107 Verrouillages

Des verrouillages entre les différents matériels de l'équipement sont prévus pour des raisons de sécurité et pour faciliter le service. Les dispositions suivantes sont obligatoires pour les circuits principaux:

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

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.

Il est recommandé que les interrupteurs, ayant un pouvoir de fermeture sur court-circuit inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné, ou un pouvoir de coupure inférieur au courant assigné en service continu, et que les sectionneurs, soient verrouillés avec le disjoncteur associé en vue de ne permettre l'ouverture ou la fermeture de l'interrupteur ou du sectionneur que lorsque le disjoncteur associé est ouvert. Si les sectionneurs sont équipés d'écrans métalliques, le verrouillage entre contacts et écrans métalliques doit interdire:

5.105.2 *Pressure relief devices to limit pressure rise in the case of an internal fault*

Since after an arc due to an internal fault the damaged enclosures will be replaced, pressure relief devices need only be proportioned to limit the external effects of the arc (see Sub-clause 5.102.2).

- Notes* 1. — In the case of an internal fault which causes yielding of the enclosure, the adjacent enclosures should be checked for absence of distortion.
2. — When bursting disks are used for pressure relief, due regard should be paid to their rupture pressure in relationship to the design pressure of the enclosure (see Sub-clause 3.115) to reduce the possibility of unintentional bursting.

5.106 *Disconnectors and earthing switches*

The devices for ensuring the isolating distance between high-voltage conductors are considered to be disconnectors which shall comply with I E C Publication 129: Alternating Current Disconnectors and Earthing Switches, except for mechanical operation tests for which Sub-clauses 6.102 and 7.104 apply.

The requirement of I E C Publication 129, that it shall be possible to know the operating position of the disconnector or earthing switch, is met if the position of the disconnector or earthing switch is indicated by a reliable indicating device.

The co-ordination of the insulation levels to earth and of the isolating distance is not necessarily obtained by the construction or design of the switchgear. Surge arresters or other means are recommended to perform such a co-ordination. For this type of switchgear, there is no additional requirement necessary apart from the insulation level for the isolating distance, which shall be in accordance with Item *b*) of Sub-clause 6.1.4.

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

5.107 *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:

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

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

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

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

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

5.108 *Bruit*

Il est recommandé que, lors d'une manœuvre, le niveau de bruit émis par l'appareillage ne dépasse pas une valeur spécifiée. En principe, cette valeur et les modalités de vérification sont convenues entre constructeur et utilisateur (voir la Publication 651 de la C E I: Sonomètres).

5.109 *Dispositions pour les essais diélectriques de câbles*

Les parties de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse 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 (pour les câbles à huile fluide et à pression de gaz, voir la Publication 141 de la C E I: Essais de câble à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires).

S'il n'est pas acceptable d'appliquer les tensions d'essai à courant continu des câbles à l'appareillage, des mesures spéciales sont prises pour essayer les câbles (par exemple: dispositifs de sectionnement ou accroissement de la masse volumique du gaz pour l'isolement).

Pendant les essais diélectriques sur des câbles, les parties adjacentes de l'appareillage sont généralement mises hors tension et à la terre, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que les décharges disruptives survenant dans le câble ne se répercutent sur les parties de l'appareillage qui sont sous tension.

L'emplacement de traversées convenables pour l'essai des câbles à la tension continue et/ou alternative est en principe prévu sur l'enveloppe de raccordement de câble (voir Publication 859 de la C E I: Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV).

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 C E I en ajoutant le texte suivant:

Les matériels faisant partie de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse et relevant de normes non couvertes par la Publication 694 de la C E I doivent y satisfaire et être essayés conformément à ces normes, en tenant compte des conditions indiquées aux paragraphes suivants.

En règle générale, les essais sur les matériels de l'appareillage sont effectués suivant les normes particulières des appareils.

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

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

5.108 *Noise*

During an operation, the level of noise emitted by the switchgear should not exceed a specified value. This value and the procedure of verification should be agreed between manufacturer and user (see I E C Publication 651: Sound Level Meters).

5.109 *Provisions for dielectric tests on cables*

Those parts of the gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 (for oil-filled and gas-pressure cables see I E C Publication 141: Tests on Oil-filled and Gas-pressure Cables and Their Accessories).

If it is not acceptable to apply d.c. cable test voltages to the switchgear, special provisions for cable testing are to be made (e.g. disconnecting facilities and/or increasing of the gas density for insulation).

During dielectric tests on cables in general, the adjacent parts of the switchgear should be de-energized and earthed, unless special measures are taken to prevent disruptive discharges in the cable affecting the energized parts of the switchgear.

The location of suitable bushings for cable testing with d.c. and/or a.c. voltages should be provided at the cable connection enclosure (see I E C Publication 859: Cable Connections for Gas-insulated Metal-enclosed Switchgear for Rated Voltages of 72.5 kV and above).

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 alive.

6. **Type tests**

Refer to Clause 6 of I E C Publication 694 with the addition of the following:

Components contained in gas-insulated metal-enclosed switchgear which are subject to standards not covered by the scope of I E C Publication 694 shall comply with and be tested in accordance with those standards, taking into account the conditions given in the following sub-clauses.

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

En général, les essais de type sont effectués sur une unité fonctionnelle unipolaire ou tripolaire complète d'une travée type d'appareillage. Lorsque cela n'est pas réalisable, les essais de type peuvent être effectués sur des ensembles ou des sous-ensembles représentatifs, après accord entre constructeur et utilisateur.

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

Les essais et vérifications de type comprennent:

- | | Paragraphe(s) |
|---|---------------|
| 1) <i>Essais de type normaux</i> | |
| a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement y compris les essais de décharges partielles et les essais diélectriques des circuits auxiliaires: | 6.1 |
| b) Essais de vérification de l'échauffement de toute 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 des circuits de mise à la terre à supporter la valeur de crête du courant admissible assigné et le courant de courte durée admissible assigné: | 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 contenus dans l'équipement: | 6.102 |
| f) Essais de vérification de la protection des personnes contre le contact avec des parties actives et des pièces en mouvement: | 6.103 |
| g) Essais de vérification de la résistance mécanique de l'enveloppe: | 6.104 |
| 2) <i>Essais de type spéciaux</i> (faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur) | |
| h) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les effets externes dus aux intempéries et aux agents atmosphériques: | 6.105 |
| i) Essais de vérification du niveau de tension de perturbation radio-électrique: | 6.2 |
| j) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne: | 6.106 |
| k) Essais de vérification de la stabilité thermique de l'isolation solide: | 6.107 |
| l) Essais de vérification du fonctionnement aux températures extrêmes: | 6.108 |

Note. Certains de ces essais de type peuvent compromettre l'aptitude des parties essayées à leur 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 C E I.

6.1.2 *Modalités des essais sous pluie*

Se référer au paragraphe 6.1.2 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

Un essai sous pluie n'est nécessaire que pour les traversées d'extérieur qui n'ont pas été essayées sous pluie antérieurement.

In general, type testing shall be carried out on a complete single-pole or three-pole functional unit of a typical switchgear bay. Where this is impracticable, the type tests can be made on representative assemblies or sub-assemblies as agreed between manufacturer and user.

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

The type tests and verifications comprise:

- | | Sub-clauses(s) |
|--|----------------|
| 1) <i>Normal type tests</i> | |
| a) Tests to verify the insulation level of the equipment including partial discharge tests and dielectric tests on auxiliary circuits: | 6.1 |
| 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 ability of the main and earthing circuits to carry the rated peak and the rated short-time withstand current: | 6.5 |
| d) Tests to verify the making and breaking capacity of the included switching devices: | 6.101 |
| e) Tests to prove the satisfactory operation of the included switching devices: | 6.102 |
| f) Tests to verify the protection of persons against contact with live parts and moving parts: | 6.103 |
| g) Tests to prove the strength of enclosures: | 6.104 |
| 2) <i>Special type tests</i> (subject to agreement between manufacturer and user) | |
| h) Tests to verify the protection of the equipment against external effects due to weather and atmospheric agents: | 6.105 |
| i) Tests to prove the radio interference voltage (RIV) level: | 6.2 |
| j) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault: | 6.106 |
| k) Tests to prove the thermal stability of solid insulation: | 6.107 |
| l) Tests to prove the satisfactory operation at limit temperatures: | 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 I E C Publication 694.

6.1.2 *Wet test procedure*

Refer to Sub-clause 6.1.2 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

A wet test is only necessary for outdoor bushings which have not been tested previously under rain.

Pour les tensions assignées inférieures à 300 kV, l'essai est un essai de tension à fréquence industrielle.

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

Les tensions d'essai et les modalités de l'essai sont spécifiées dans la Publication 137 de la C E I.

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

Se référer au paragraphe 6.1.3 de la Publication 694 de la C E I pour les points qui sont applicables.

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

Le paragraphe 6.1.4 de la Publication 694 de la C E I n'est pas applicable. Compte tenu de la grande diversité des constructions, il n'est pas possible de spécifier de manière détaillée les essais auxquels le circuit principal est soumis. Sont toutefois compris, en principe, 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, ou au châssis et à la borne de terre de la source d'essai.

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

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

Lorsque chaque phase est individuellement enfermée dans une enveloppe métallique, on n'effectue que des essais à la terre et pas d'essai entre phases sauf si l'on utilise des traversées pour les connexions externes.

Quand les transformateurs de tension ou de puissance constituant une partie intégrante de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse possèdent un niveau d'isolement réduit, ils peuvent être remplacés pendant les essais diélectriques 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 pendant les essais.

Lorsque l'on adopte ces modalités d'essai, on essaie séparément les transformateurs de tension ou de puissance conformément à leurs normes particulières.

b) Entre les bornes des appareils de connexion en position d'ouverture:

Chaque appareil de connexion du circuit principal est essayé en position d'ouverture avec les tensions d'essai spécifiées pour les disjoncteurs, interrupteurs ou sectionneurs dans leurs normes respectives et correspondant aux niveaux d'isolement assignés du tableau I (voir paragraphe 4.2).

Si, en position d'ouverture d'un sectionneur, un écran métallique est interposé entre les contacts ouverts, cet intervalle entre contacts n'est pas considéré comme une distance de sectionnement.

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

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

The test voltage and the test procedure shall be those specified in I E C Publication 137.

6.1.3 *Conditions of switchgear and controlgear during dielectric tests*

Refer to Sub-clause 6.1.3 of I E C Publication 694 for those items which are applicable.

6.1.4 *Application of test voltage and test conditions*

Sub-clause 6.1.4 of I E C Publication 694 is not applicable. Because of the great variety of designs, it is not feasible to give specific indication of the tests to be performed on the main circuit, but, in principle, they shall cover the following:

a) To earth and between phases:

The test voltages specified in Sub-clause 6.1.5 shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits are to be connected to the earthing conductor or the frame and to the earth terminal of the test supply.

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

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

When each phase is individually encased in a metallic enclosure, only tests to earth, and no test between phases, are carried out, unless bushings are used for external connections.

When voltage or power transformers forming an integral part of the gas-insulated metal-enclosed switchgear have a reduced insulation level, they may be replaced during the dielectric tests by replicas reproducing the field configuration of the high voltage connections. Overvoltage protection devices shall be disconnected or removed during the tests.

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

b) Across the open position of switching devices:

Each switching device in the main circuit shall be tested in the open position with the test voltages specified for circuit-breakers, switches or disconnectors in the respective standards related to the rated insulation levels of Table I (see Sub-clause 4.2).

If, in the open position of a disconnector, an earthed metallic screen is interposed between the open contacts, this contact gap is not an isolating distance.

6.1.5 Tensions d'essai

Les tensions de tenue assignées pour les essais de type à la terre et entre phases (s'il y a lieu) sont spécifiées au tableau I (voir paragraphe 4.2):

- colonnes (2) et (4) pour les tensions assignées de 72,5 à 245 kV;
- colonnes (2) et (3) pour les tensions assignées de 300 à 765 kV.

Les tensions de tenue assignées pour les essais de type sur la distance de sectionnement des sectionneurs sont spécifiées dans la Publication 694 de la C E I pour les niveaux d'isolement assignés correspondants.

6.1.6 Essais de tension aux chocs de foudre et aux chocs de manœuvre

Se référer au paragraphe 6.1.6 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

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

Pendant les essais, la borne du générateur de choc raccordée à la terre est connectée à l'enveloppe de l'appareillage, sauf que, pour certains des essais selon le point *b*) du paragraphe 6.1.4, l'enveloppe est, en cas de nécessité, isolée de la terre de telle façon que la tension entre une quelconque des parties actives et l'enveloppe n'excède pas la tension spécifiée au point *a*) du paragraphe 6.1.4.

6.1.7 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal

Se référer au paragraphe 6.1.7 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

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

Pendant les essais, une borne du transformateur d'essai est connectée à la terre et à l'enveloppe de l'appareillage, sauf que, pour les essais selon le point *b*) du paragraphe 6.1.4, le point milieu ou un autre point intermédiaire de la source de tension est en principe connecté à la terre et à l'enveloppe pour empêcher que la tension entre une quelconque des parties actives et l'enveloppe n'excède la tension spécifiée au point *a*) du paragraphe 6.1.4.

6.1.8 Essais de pollution artificielle

Se référer au paragraphe 6.1.8 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

Ces essais s'appliquent seulement aux traversées pour l'extérieur de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse qui n'ont pas été soumises auparavant à des essais, et ne sont effectués que par accord spécial entre constructeur et utilisateur.

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 progressive de la tenue diélectrique de l'équipement, spécialement des isolants solides. D'autre part, il n'est pas encore possible d'établir une relation valable entre les mesures 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 métallique à isolation gazeuse.

6.1.5 *Test voltages*

The rated withstand voltages for type tests to earth and between phases (if any) shall be those specified in Table I (see Sub-clause 4.2) for rated voltages of:

- 72.5 kV to 245 kV in columns (2) and (4);
- 300 kV to 765 kV in columns (2) and (3).

The rated withstand voltages for type tests across the isolating distance of disconnectors shall be those specified in I E C Publication 694 for the pertinent rated insulation levels.

6.1.6 *Lightning and switching impulse voltage tests*

Refer to Sub-clause 6.1.6 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

Current transformer secondaries shall be short-circuited and earthed.

During the tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the enclosure of the switchgear except that during some of the tests in accordance with Item *b*) of Sub-clause 6.1.4 the enclosure shall, if necessary, be insulated from earth in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure will not exceed the test voltage specified in Item *a*) of Sub-clause 6.1.4.

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

Refer to Sub-clause 6.1.7 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

The main circuits of the switchgear shall be subjected to power-frequency voltage tests in dry conditions only.

During the tests, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the enclosure of the switchgear, except that during the tests in accordance with Item *b*) of Sub-clause 6.1.4 the mid-point or another intermediate point of the voltage source should be connected to earth and to the enclosure in order that the voltage appearing between any of the live parts and the enclosure will not exceed the test voltage specified in Item *a*) of Sub-clause 6.1.4.

6.1.8 *Artificial pollution tests*

Refer to Sub-clause 6.1.8 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

These tests apply only to outdoor bushings of gas-insulated metal-enclosed switchgear not previously tested and shall be performed only by special agreement between manufacturer and user.

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 yet possible to establish a reliable relationship between the results of partial discharge measurements and the life expectancy of the equipment owing to the complexity of the insulation systems used in gas-insulated metal-enclosed switchgear.

Le mesurage des décharges partielles est en principe effectué comme essai de type en vue de montrer, en relation avec les autres essais diélectriques, si et — dans l'affirmative — à quel endroit, il y a des points faibles en ce qui concerne les contraintes diélectriques résultant de la conception de l'équipement.

L'essai peut être effectué sur les ensembles ou les sous-ensembles de l'équipement utilisés pour tous les autres essais diélectriques, et est en principe effectué après ceux-ci.

Les contraintes diélectriques au cours du mesurage doivent, autant que possible, correspondre à celles qui apparaîtraient dans l'installation complète de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse.

6.1.9.101 *Circuits d'essai et instruments de mesure*

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

En général, l'essai est effectué en monophasé.

Note. — En principe, si l'on essaie une disposition tripolaire comportant une enveloppe commune, les modalités de l'essai font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Un appareil de mesure permettant d'évaluer les décharges individuelles est préférable. On peut obtenir des renseignements complémentaires en mesurant le débit quadratique exprimé en coulombs carrés par seconde.

Les éléments du circuit d'essai et l'appareil de mesure sont en principe choisis de façon que l'intensité de décharge minimale mesurable ne soit pas supérieure à 50% de l'intensité admissible des décharges partielles.

6.1.9.102 *Modalités d'essai*

- a) Equipement utilisé dans des réseaux à neutre relié directement à la terre
 - On élève la tension appliquée à fréquence industrielle jusqu'à la valeur U et on maintient cette tension pendant au moins 10 s.*
 - On fait décroître sans interruption la tension jusqu'à la valeur $1,1 U/\sqrt{3}$ et on mesure l'intensité des décharges partielles à cette tension.
- b) Equipement utilisé dans des réseaux à neutre non directement relié à la terre
 - On élève la tension appliquée à fréquence industrielle jusqu'à la valeur $1,3 U$ et on maintient cette tension pendant au moins 10 s.*
 - On fait décroître sans interruption la tension jusqu'aux valeurs $1,1 U$ puis $1,1 U/\sqrt{3}$ et on mesure l'intensité des décharges partielles à ces deux tensions.

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.

6.1.9.105 *Intensité maximale admissible des décharges partielles*

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

Note. — On ne peut pas spécifier de valeurs limites de l'intensité des décharges partielles avant de disposer de renseignements complémentaires bien établis. Pour l'instant, ces valeurs sont données sous la responsabilité du constructeur ou, pour des essais de réception, font l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

* 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 à sec.

The measurement of partial discharges should be made as a type test 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.

The test may be carried out on assemblies or sub-assemblies of the equipment used for all other dielectric tests, and should follow them.

The dielectric stresses during the measurement shall, as far as possible, be representative of those which would occur in the complete installation of gas-insulated metal-enclosed switchgear.

6.1.9.101 *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.

Generally the test is made with a single-phase arrangement.

Note. — If a three-phase arrangement with a common enclosure should be tested, the test procedure is subject to agreement between manufacturer and user.

A measuring instrument which permits an evaluation of the individual discharges is preferred. Additional information can be gained by measuring the quadratic rate expressed in coulombs squared per second.

The elements of the test circuit and the measuring instrument should be chosen so that the minimum measurable discharge intensity is not more than 50% of the permissible partial discharge intensity.

6.1.9.102 *Test procedure*

a) Equipment to be used on systems with solid earthed neutral

- The applied power-frequency voltage is raised to U and maintained at this value for at least 10 s. *
- The voltage is decreased without interruption to $1.1 U/\sqrt{3}$ and the partial discharge intensity is measured at this voltage.

b) Equipment to be used on systems without solid earthed neutral

- The applied power-frequency voltage is raised to $1.3 U$ and maintained at this value for at least 10 s. *
- The voltage is decreased without interruption to $1.1 U$ and $1.1 U/\sqrt{3}$ respectively and the partial discharge intensity is measured at these two 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.

6.1.9.103 *Maximum permissible partial discharge intensity*

The maximum permissible partial discharge intensity at $1.1 U/\sqrt{3}$ and $1.1 U$ should 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, the values are the responsibility of the manufacturer or, in the case of acceptance tests, are subject to agreement between manufacturer and user.

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

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 pratique, sont indiquées ci-dessous pour:

- traversées isolées par une 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.

Note. — Ces intensités ne s'appliquent pas nécessairement aux autres matériels, ou à des ensembles ou à des sous-ensembles d'appareillage.

6.1.10 *Essais diélectriques des circuits auxiliaires*

Se référer au paragraphe 6.1.10 de la Publication 694 de la C E I 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.

6.2 *Essais de tension de perturbation radioélectrique*

Se référer au paragraphe 6.2 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

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

6.3 *Essais d'échauffement*

Se référer au paragraphe 6.3 de la Publication 694 de la C E I 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'ensemble ou sous-ensemble est monté approximativement comme dans les conditions normales d'exploitation, avec toutes les enveloppes normales, et est protégé contre des échauffements ou des refroidissements intempestifs venant de l'extérieur.

Sauf dans le cas où chaque pôle est individuellement enfermé dans une enveloppe métallique, les essais sont faits 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.

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

Pour l'essai de sous-ensembles individuels, les sous-ensembles voisins sont en principe parcourus par des courants dissipant les puissances prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut être effectué dans les conditions réelles, à condition d'être parvenu à un accord entre constructeur et utilisateur.

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

For information only, the maximum permissible partial discharge intensities measured at $1.1 U/\sqrt{3}$ and which appear to be 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.

Note. — These intensities do not necessarily apply to other components, or to assemblies or sub-assemblies of the switchgear.

6.1.10 *Dielectric tests on auxiliary circuits*

Refer to Sub-clause 6.1.10 of I E C 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.

6.2 *Radio interference voltage (RIV) tests*

Refer to Sub-clause 6.2 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

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

6.3 *Temperature-rise tests*

Refer to Sub-clause 6.3 of I E C 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 assembly or sub-assembly shall be mounted approximately as in normal service, including all normal enclosures and shall be protected against undue external heating or cooling.

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

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

When testing individual sub-assemblies, the neighbouring sub-assemblies 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 made under actual conditions, provided agreement is reached between manufacturer and user.

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

6.4 *Mesurage de la résistance du circuit principal*

Se référer au paragraphe 6.4 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

Les exigences de la Publication 694 de la C E I ne sont valables que pour les appareils de connexion de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse avant et après l'essai d'échauffement.

En outre, des mesurages globaux sont effectués en usine sur les unités de transport comme essai de type.

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 C E I.

6.5.1 *Disposition de l'appareil de connexion et du circuit d'essai*

Le paragraphe 6.5.1 de la Publication 694 de la C E I n'est pas applicable.

6.5.2 *Valeurs du courant d'essai et de sa durée*

Se référer au paragraphe 6.5.2 de la Publication 694 de la C E I.

6.5.3 *Comportement de l'appareil de connexion au cours de l'essai*

Le paragraphe 6.5.3 de la Publication 694 de la C E I n'est pas applicable.

6.5.4 *Etat de l'appareil de connexion après l'essai*

Le paragraphe 6.5.4 de la Publication 694 de la C E I n'est pas applicable.

6.5.101 *Essais des circuits principaux*

Les circuits principaux de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse 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 associés qui peuvent influencer sur le comportement, ou modifier le courant de court-circuit et en tenant compte des normes dont relèvent les appareils de connexion principaux inclus dans les circuits considérés.

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

Après ces essais, les matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent accuser ni déformation ni détérioration nuisibles au bon fonctionnement.

6.5.102 *Essais des circuits de mise à la terre*

Les conducteurs de terre, les connexions de terre et les appareils de mise à la terre de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse 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 associés qui peuvent influencer sur le comportement ou modifier le courant de court-circuit.

Après l'essai, les matériels ou les conducteurs intérieurs de l'enveloppe ne doivent accuser ni déformation ni détérioration nuisibles au bon fonctionnement des circuits principaux. Une certaine déformation et détérioration du conducteur de terre, des connexions de terre ou des appareils de mise à la terre est acceptable, mais la continuité du circuit de mise à la terre doit être maintenue.

6.4 *Measurement of the resistance of the main circuit*

Refer to Sub-clause 6.4 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

The requirements of I E C Publication 694 apply only to the switching devices of gas-insulated metal-enclosed switchgear before and after the temperature-rise test.

In addition, overall measurements are made on transport units in the factory as type test.

6.5 *Short-time and peak withstand current tests*

Refer to Sub-clause 6.5 of I E C Publication 694.

6.5.1 *Arrangement of the switching device and of the test circuit*

Sub-clause 6.5.1 of I E C Publication 694 is not applicable.

6.5.2 *Test current and duration*

Refer to Sub-clause 6.5.2 of I E C Publication 694.

6.5.3 *Behaviour of the switching device during test*

Sub-clause 6.5.3 of I E C Publication 694 is not applicable.

6.5.4 *Conditions of the switching device after test*

Sub-clause 6.5.4 of I E C Publication 694 is not applicable.

6.5.101 *Tests on the main circuits*

Main circuits of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current and according to the standards for the principal switching devices included in the circuits.

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

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

6.5.102 *Tests on earthing circuits*

Earthing conductors, earthing connections and earthing devices of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 associated components influencing the performance or modifying the short-circuit current.

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

6.101 *Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure*

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

Note. — Pour déterminer les matériels associés susceptibles d'influer sur le comportement, il est recommandé de porter une attention particulière aux efforts mécaniques dus au court-circuit, à la possibilité de décharges disruptives, etc. Il est reconnu que l'influence de ces facteurs est tout à fait négligeable dans certains cas.

Pour les essais par éléments séparés, voir la Publication 56-4 de la C E I: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension, Quatrième partie: Essais de type et essais individuels.

Note. — Il convient de ne tenir compte de la capacité des matériels qui existent entre les bornes des parties soumises aux essais et les connexions extérieures que pour les essais de coupure.

En ce qui concerne les disjoncteurs utilisant un gaz comprimé, les pressions à adopter pour les essais sont spécifiées par la Publication 56-4 de la C E I.

6.102 *Essais de fonctionnement mécanique*

Les appareils de connexion de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse doivent être soumis à un essai d'endurance mécanique conformément à leurs normes particulières, s'ils n'ont pas déjà subi auparavant ces essais.

Les verrouillages doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre des appareils de connexion et cinquante tentatives sont alors faites pour manœuvrer chacun des appareils de connexion. Pendant ces essais, on n'applique que les efforts de manœuvre normaux et on ne se livre à aucun réglage sur les appareils de connexion ou les verrouillages.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les appareils de connexion et les verrouillages restent en parfait état de fonctionnement et si les efforts nécessaires à la manœuvre des appareils de connexion sont pratiquement les mêmes avant et après les essais.

Les verrouillages sont considérés comme satisfaisants si les appareils de connexion ne peuvent pas être manœuvrés.

6.103 *Vérification du degré de protection des circuits auxiliaires*

Les essais sont effectués suivant les exigences spécifiées à l'article 7 de la Publication 529 de la C E I pour le premier chiffre caractéristique approprié.

On vérifie que l'instrument d'essai correspondant ne peut pas entrer dans l'enveloppe, ou, s'il entre, qu'une distance appropriée par rapport aux parties actives est maintenue et qu'aucune pièce mobile n'est touchée.

Dans le cas de IP2X, en outre, la sphère rigide spécifiée ne passe à travers aucune ouverture.

Dans le cas de IP5X, la poussière ne s'accumule ni dans des endroits ni en quantité tels qu'elle influe sur le fonctionnement correct de l'équipement.

Toutefois, les essais ne sont effectués qu'en cas de doute sur la conformité avec ces exigences.

6.104 *Epreuves des enveloppes*

Des épreuves sont effectuées quand la résistance de l'enveloppe ou des parties de celle-ci n'est pas calculée.

Les épreuves peuvent consister soit en un essai de rupture sous pression, soit en un essai non destructif sous pression, suivant le matériau utilisé.

6.101 *Verification of making and breaking capacities*

Switching devices forming part of the main circuit of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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 associated components the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, 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, to the possibility of disruptive discharges, etc. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

For unit tests, see I E C Publication 56-4: High-voltage Alternating-current Circuit-breakers, Part 4: Type Tests and Routine Tests.

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

For circuit-breakers using compressed gas, the pressure to be adopted for tests shall be those specified by I E C Publication 56-4.

6.102 *Mechanical operation tests*

Switching devices of gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be submitted to mechanical endurance tests in accordance with their relevant standards, unless previously tested separately.

The interlocks shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching devices and then fifty attempts shall be made to operate each switching device. During these tests only normal operating forces shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices or interlocks.

The tests are considered satisfactory if the switching devices and the interlocks are in proper working order and if the forces required to operate the switching devices are practically the same before and after the tests.

The interlocks are considered satisfactory if the switching devices cannot be operated.

6.103 *Verification of the degree of protection for auxiliary circuits*

The tests shall be performed in accordance with the requirements specified in Clause 7 of I E C Publication 529 for the appropriate first characteristic numeral.

It shall be verified that the corresponding test instrument cannot enter the enclosure or, if it enters, an adequate clearance is maintained to the live parts and no moving part is touched.

In the case of IP2X additionally the specified rigid sphere does not pass through any opening.

In the case of IP5X no dust accumulates in such a quantity or location as to interfere with the correct operation of the equipment.

The tests shall, however, be made only if there are doubts on the compliance with these requirements.

6.104 *Proof tests for enclosures*

Proof tests are made when the strength of the enclosure or parts thereof is not calculated.

Proof tests may be either a bursting pressure test or a non-destructive pressure test, as appropriate to the material employed.

6.104.1 Essai de rupture sous pression

Dans le cas d'un essai de rupture sous pression, la vitesse d'accroissement de la pression ne dépasse pas en principe 400 kPa/min. La pression de rupture est en principe au moins égale à 3,5 fois la pression de calcul pour les enveloppes moulées et à 2,3 fois la pression de calcul pour les enveloppes soudées. Ces facteurs sont basés sur les caractéristiques minimales certifiées des matériaux utilisés.

Toute enveloppe demeurée intacte après avoir été soumise à ces pressions est mise au rebut.

6.104.2 Essai non destructif sous pression

Dans le cas d'un essai non destructif sous pression par mesurage des déformations locales, il convient en principe d'appliquer la procédure suivante:

Avant l'essai, des extensomètres permettant de détecter des déformations de 0,000 05 mm par millimètre sont fixés à la surface de l'enveloppe. Le nombre d'extensomètres, leur position et leur direction sont choisis de façon que les déformations et les contraintes principales puissent être mesurées à tous les endroits importants pour l'intégrité de l'enveloppe.

La pression hydraulique est augmentée progressivement, par paliers d'environ 10%, jusqu'à la pression d'essai normalisée correspondant à la pression de calcul souhaitée (voir paragraphe 7.102) ou jusqu'à déformation plastique notable d'une partie quelconque de l'enveloppe.

Lorsque l'un ou l'autre des stades est atteint, la pression n'est plus augmentée.

Les indications des extensomètres sont relevées pendant la montée en pression et de nouveau pendant la descente de pression.

L'indication d'une déformation permanente localisée peut être négligée sous réserve qu'il n'y ait aucun signe de déformation générale de l'enveloppe.

Si la courbe des déformations en fonction de la pression n'est pas linéaire, la pression peut être de nouveau appliquée au maximum cinq fois jusqu'à ce que les courbes de montée et de descente de pression correspondant à deux cycles successifs coïncident de façon substantielle. Si cette coïncidence ne peut pas être obtenue, la pression de calcul et la pression d'essai sont déterminées à partir du domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe pendant la dernière descente de pression.

Si la pression d'essai normalisée est atteinte avec une variation linéaire des déformations en fonction de la pression, on considère que la pression de calcul souhaitée est confirmée.

Si la pression finale d'essai ou le domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression (voir ci-dessus) sont inférieurs à la pression d'essai normalisée, on détermine la pression de calcul d'après la formule:

$$p = \frac{1}{1,1 k} (p_y \frac{f_a}{f_t})$$

où:

p = pression de calcul

p_y = pression à laquelle est apparue une déformation plastique notable, ou domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression pour la partie de l'enveloppe la plus déformée au cours de la dernière descente de pression (voir ci-dessus)

k = facteur de pression d'essai normalisée (voir paragraphe 7.102)

f_t = contrainte de calcul admissible à la température de l'essai

f_a = contrainte de calcul admissible à la température de calcul

On peut s'entendre sur d'autres procédures d'essais non destructifs sous pression.

6.104.1 *Bursting pressure test*

In the case of a bursting pressure test, the pressure rise should not be faster than 400 kPa/min. The bursting pressure should be equal to or higher than 3.5 times the design pressure for cast enclosures and 2.3 times the design pressure for welded enclosures. The factors are based on the minimum certified properties of the material used.

Any enclosure remaining intact after these pressures have been reached shall be discarded.

6.104.2 *Non-destructive pressure test*

In the case of a non-destructive pressure test using a strain indication technique, the following procedure should be applied:

Before the test, strain gauges capable of indicating strains to 0.000 05 mm per millimetre shall be affixed to the surface of the enclosure. The number of gauges, their position and their direction shall be chosen so that principal strains and stresses can be determined at all points of importance to the integrity of the enclosure.

Hydrostatic pressure shall be applied gradually in steps of approximately 10% until the standard test pressure for the expected design pressure (see Sub-clause 7.102) is reached or significant yielding of any part of the enclosure occurs.

When either of these points is reached, the pressure shall not be increased further.

Strain readings shall be taken during the increase of pressure and repeated during unloading.

Indication of localized permanent set may be disregarded provided there is no evidence of general distortion of the enclosure.

Should the curve of the strain/pressure relationship show a non-linearity, the pressure may be re-applied not more than five times until the loading and unloading curves corresponding to two successive cycles substantially coincide. Should coincidence not be attained, the design pressure and the test pressure shall be taken from the pressure range corresponding to the linear portion of the curve obtained during the final unloading.

If the standard test pressure is reached within the linear portion of the strain/pressure relationship, the expected design pressure shall be considered to be confirmed.

If the final test pressure or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship (see above) is less than the standard test pressure, the design pressure shall be calculated from the following equation:

$$p = \frac{1}{1.1 k} (p_y \frac{f_a}{f_t})$$

where:

p = design pressure

p_y = pressure at which significant yielding occurs or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship of the most highly strained part of the enclosure during final unloading (see above)

k = standard test pressure factor (see Sub-clause 7.102)

f_t = permissible design stress at test temperature

f_a = permissible design stress at design temperature

Alternative procedures for non-destructive pressure tests may be agreed.

6.105 *Essai de protection contre les intempéries*

Après accord entre constructeur et utilisateur, un essai de protection contre les intempéries est effectué sur l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse pour l'installation à l'extérieur. L'annexe AA indique une méthode recommandée. L'essai tient compte également des effets de la neige propulsée par le vent.

Si un examen de la conception de l'appareil montre que l'essai n'est pas nécessaire, celui-ci peut être supprimé.

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

Si un tel essai est décidé, la procédure est celle des méthodes décrites à l'annexe BB.

Le courant de court-circuit appliqué pendant l'essai d'arc est à indiquer par le constructeur. Il peut être égal ou inférieur au courant de courte durée admissible assigné, ou, dans quelques utilisations d'appareillage en réseaux à neutre isolé, il peut être limité au courant de défaut à la terre apparaissant dans un tel réseau.

Deux interprétations sont faites: la première concerne le comportement de l'équipement pendant le fonctionnement de la protection de premier stade (principale), la seconde concerne le cas où le défaut est éliminé par le fonctionnement de la protection de second stade (de secours).

L'appareillage est en principe considéré comme convenable si, pendant l'essai, aucun effet externe autre que le fonctionnement des dispositifs appropriés de décharge de pression n'apparaît pendant la durée de protection de premier stade, et qu'ensuite, pendant la durée de protection de second stade, aucune éjection non contrôlée de matériau solide ne se produit.

Notes 1. — Dans certaines constructions, la décharge de pression peut être réalisée par la perforation de l'enveloppe par l'arc. Si de tels moyens sont utilisés, le trou résultant est réputé être un dispositif de décharge de pression et, par conséquent, remplit en principe les exigences du paragraphe 5.105.

2. — Pour information, le temps d'élimination de défaut pour la protection de premier stade est d'environ 0,1 s pour les courants de 40 kA et au-dessus et 0,2 s pour les courants plus faibles. Le temps pour la protection de second stade est, en principe, soumis à accord entre constructeur et utilisateur et ne dépasse normalement pas 0,5 s.

Par accord, des essais sur une disposition particulière peuvent être utilisés pour prévoir le comportement d'autres dispositions par calcul ou par analogie, ou par une combinaison des deux.

6.107 *Essai de stabilité thermique*

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

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

Les modalités de l'essai sont celles qui sont spécifiées pour les traversées par la Publication 137 de la C E I.

6.108 *Essais de fonctionnement aux températures extrêmes*

6.108.1 *Essai de fonctionnement à haute température*

L'appareillage ou le matériel essayé est placé en position d'ouverture ou en position de fermeture (cette position étant fixée par accord entre constructeur et utilisateur) dans une enceinte climatique dont la température est de +40 °C pendant une durée de cinq jours (120 h).

6.105 *Weatherproofing test*

When agreed between manufacturer and user a weatherproofing test shall be made on gas-insulated metal-enclosed switchgear for outdoor use. A recommended method is given in Appendix AA. This test also takes into account the effects of wind-driven snow.

If an examination of the design shows the test to be unnecessary, it may be omitted.

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

If such a test is agreed, the procedure shall be in accordance with the methods described in Appendix BB.

The short-circuit current applied during the arcing test is to be stated by the manufacturer. It may be equal to or lower than the rated short-time withstand current or, in some applications of the switchgear in isolated neutral systems, it may be the earth fault current occurring in such a system.

Two assessments are made: the first concerns the performance of the equipment during the operation of the first stage (main) protection and the second concerns the case when the fault is cleared by the operation of the second stage (back-up) protection.

The switchgear should be considered adequate when, during the test, no external effect other than the operation of suitable means of pressure relief occurs in the duration of the first stage protection and no uncontrolled ejection of solid material takes place in the duration of the second stage protection.

Notes 1. — In some designs, relief pressure may be achieved by allowing the arc to burn through the enclosure. Where such means are employed the resultant hole is deemed to be a pressure relief device and consequently should fulfil the requirements of Sub-clause 5.105.

2. — For information, the fault clearing time for the first stage protection is about 0.1 s for currents of 40 kA and above and 0.2 s for lower currents. The time for the second stage protection should be subject to agreement between manufacturer and user and should normally not exceed 0.5 s.

By agreement, tests on a particular arrangement may be used to predict the performance of other arrangements either by calculation or inference or a combination of both.

6.107 *Thermal stability test*

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

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

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

6.108 *Operation tests at limit temperatures*

6.108.1 *Operation test at high temperature*

The switchgear or component tested shall be in the open or in the closed position (this position being stated by agreement between manufacturer and user) in a climatic housing, the temperature of which shall be +40 °C for a duration of five days (120 h).

Pendant deux jours complets, les appareils de connexion ne doivent pas fonctionner.

Au cours d'un des trois derniers jours, on fait exécuter à l'appareil 10 cycles de manœuvres à la cadence d'un cycle de manœuvres toutes les 4 min.

Vers la fin de l'essai, on relève :

- les durées de fonctionnement;
- les pressions des gaz contenus dans l'enveloppe;
- les pertes de gaz pendant une période de 24 h.

On doit vérifier que ces valeurs restent dans les domaines pour lesquels le constructeur garantit les performances de l'appareillage.

Au cours de l'essai, on vérifié également le fonctionnement des thermostats éventuels.

6.108.2 Essai de fonctionnement à basse température

Cet essai est identique à l'essai de fonctionnement à haute température, la température de l'enceinte climatique étant la température minimale de l'air ambiant spécifiée pour les conditions de service à l'intérieur ou à l'extérieur selon le cas (voir l'article 2).

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 C E I en ajoutant les essais individuels suivants :

	Paragraphe
d) Mesurage des décharges partielles :	7.101
e) Essais de pression des enveloppes :	7.102
f) Essais de détection des fuites de gaz :	7.103
g) Essais de fonctionnement mécanique :	7.104
h) Essais des dispositifs auxiliaires électriques, pneumatiques et hydrauliques :	7.105
i) Vérification de la conformité de la filerie :	7.106

Note. — Il peut être nécessaire de vérifier l'interchangeabilité des matériels de caractéristiques assignées et de construction identiques (voir 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 C E I en ajoutant le complément suivant :

L'essai de tension à fréquence industrielle du circuit principal de l'appareillage sous enveloppe à isolation gazeuse est effectué suivant les exigences du paragraphe 6.1.7 à la terre, entre phases (s'il y a lieu) et entre bornes des appareils de connexion ouverts. Les tensions de tenue pour les essais individuels de série sont celles qui sont spécifiées au tableau I (paragraphe 4.2), colonnes (4) et (5). Les essais sont effectués à la masse volumique minimale de gaz pour l'isolement.

7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Se référer au paragraphe 7.2 de la Publication 694 de la C E I.

For two full days, the switching devices shall not be operated.

During one of the last three days, 10 operating cycles are carried out with a frequency of one operating cycle every 4 min.

Towards the end of the test, the following shall be noted:

- the operating times;
- the pressure of the gases contained in the enclosure;
- the gas leakage over a period of 24 h.

It shall be verified that these values remain within the ranges for which the manufacturer guarantees the performance of the switchgear.

During the test, the operation of thermostats, if any, shall also be verified.

6.108.2 *Operation test at low temperature*

This test is identical with the operation test at high temperature, the temperature of the climatic housing being the minimum ambient air temperature specified for normal indoor or outdoor service conditions respectively (see Clause 2).

7. **Routine tests**

The routine tests shall be made with 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 I E C Publication 694 with the addition of the following routine tests:

	Sub-clause
d) Partial discharge measurement.	7.101
e) Pressure tests of enclosures:	7.102
f) Gas leakage tests:	7.103
g) Mechanical operation tests:	7.104
h) Tests of auxiliary electrical, pneumatic and hydraulic devices:	7.105
i) Verification of correct wiring:	7.106

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 I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

The power-frequency voltage test on the main circuit of gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be performed according to the requirements in Sub-clause 6.1.7 to earth, between phases (if applicable) and across the open switching devices. The withstand voltages for routine tests shall be those specified in Table I (see Sub-clause 4.2), columns (4) and (5). The tests shall be performed at minimum gas density of the insulating gas.

7.2 *Dielectric tests on auxiliary and control circuits*

Refer to Sub-clause 7.2 of I E C Publication 694.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Se référer au paragraphe 7.3 de la Publication 694 de la C E I en ajoutant le complément suivant:

Des mesurages globaux sont effectués en usine sur les unités de transport et, après montage sur le site, sur l'installation complète.

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

7.101 Mesurage des décharges partielles

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

L'essai peut être effectué sur des ensembles, des sous-ensembles ou 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) l'existence de prédécharges discontinues pendant les essais individuels de tension à fréquence industrielle à sec;
- c) la valeur de l'intensité du champ électrique dans la zone la plus fortement contrainte de l'isolation solide.

7.102 Essais de pression des enveloppes

Des essais de pression sont faits sur toutes les enveloppes après construction.

La pression d'essai normalisée est égale à k fois la pression de calcul, le facteur k étant égal à:

- 1,3 pour les enveloppes soudées,
- 1,5 pour les enveloppes moulées.

Il n'est prescrit aucun essai de pression après montage sur le site.

7.103 Essais de détection des fuites de gaz

Un essai de détection des fuites de gaz, tel que décidé par accord entre constructeur et utilisateur, est effectué pour prouver que l'appareillage répond bien à la valeur admissible de fuite de gaz prescrite par le constructeur. S'ils ont été demandés, des essais de détection de fuite de gaz à travers les cloisons peuvent également être effectués (voir paragraphe 5.103.3).

Note. — Pour essayer l'étanchéité d'une cloison, un compartiment peut être mis sous vide tandis que le compartiment adjacent est rempli de gaz à la masse volumique assignée (voir paragraphe 4.101) en mesurant la montée de la pression dans le compartiment vide pendant une durée de 24 h.

7.104 Essais de fonctionnement mécanique

Les appareils de connexion de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse doivent être soumis à un essai de série d'endurance mécanique conformément à leurs normes particulières, s'ils n'ont pas déjà subi auparavant ces essais.

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

7.3 *Measurement of the resistance of the main circuit*

Refer to Sub-clause 7.3 of I E C Publication 694 with the addition of the following supplement:

Overall measurements are made on transport units in the factory and on the complete installation after erection on site.

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

7.101 *Partial discharge measurement*

The measurement of partial discharges is recommended as a routine test 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 test may be carried out on assemblies, sub-assemblies or 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) discontinued pre-discharges during the routine power-frequency voltage dry tests;
- c) the value of the electric field strength at the most highly stressed area of the solid insulation.

7.102 *Pressure tests of enclosures*

Pressure tests shall be made on all enclosures after manufacture.

The standard test pressure shall be k times the design pressure, where the factor k is:

- 1.3 for welded enclosures,
- 1.5 for cast enclosures.

No pressure tests are prescribed after erection on site.

7.103 *Gas leakage tests*

A gas leakage test as agreed between manufacturer and user shall be made to prove compliance of the switchgear with the value of the permissible escape of gas prescribed by the manufacturer. If requested, gas leakage tests may be made also across the partitions (see Sub-clause 5.103.3).

Note. — For testing the tightness of a partition, one compartment may be evacuated while the adjacent compartment is filled with gas at the rated density (see Sub-clause 4.101), measuring the pressure rise in the evacuated compartment over a period of 24 h.

7.104 *Mechanical operation tests*

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

Operation tests are made to ensure that the switching devices 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 est soumis à au moins cinq cycles de manœuvres.

Les verrouillages étant dans la position prévue pour interdire la manœuvre de l'appareil de connexion, on exécute cinq tentatives de manœuvres dans les conditions spécifiées au paragraphe 6.102.

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

Les verrouillages électriques, pneumatiques et autres, et les dispositifs de commande à séquence de manœuvres 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 la manœuvre de l'appareil de connexion est pratiquement le même avant et après les essais.

7.106 *Vérification de la conformité de la filerie*

On vérifie que la filerie est conforme au schéma et aux exigences prescrites.

7.107 *Essais après montage sur le site*

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse doit être essayé après montage avant mise en service pour s'assurer du bon fonctionnement et de la tenue diélectrique de l'équipement.

Ces essais et vérifications comprennent:

	Paragraphe
a) Essais de tension des circuits principaux:	7.107.1
b) Essais diélectriques des circuits auxiliaires:	7.2
c) Mesurage de la résistance du circuit principal:	7.3
d) Essais de détection des fuites de gaz:	7.103
e) Contrôles et vérifications:	7.107.2
f) Mesurage du taux d'humidité:	7.107.3

Pour les raisons exposées au paragraphe 5.103.1 et pour la réduction des perturbations au minimum, ainsi que pour réduire les risques de pénétration d'humidité et de poussières dans les enveloppes, pouvant empêcher le bon fonctionnement de l'appareillage, aucune inspection périodique obligatoire et aucun essai de pression après la mise en service du poste à isolation gazeuse ne sont spécifiés ni recommandés.

Il est recommandé d'effectuer un essai pour vérifier l'absence de courants de circulation dangereux dans l'enveloppe et dans les autres parties métalliques telles que les tuyauteries et les supports, s'ils n'ont pas été prévus pour de tels courants.

7.107.1 *Essais de tension des circuits principaux*

7.107.1.1 *Généralités*

Parce qu'elle est d'une importance capitale pour ce type d'appareillage, la tenue diélectrique doit être vérifiée afin d'éliminer les causes fortuites (mauvais montage, dégâts pendant la manutention, le transport, le stockage et le montage, présence de corps étrangers, etc.) qui pourraient ultérieurement conduire à un défaut interne.

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 shall be submitted to at least five operating cycles.

With the interlocks set in the position intended to prevent the operation of the switching device five attempts shall be made under the same conditions as specified in Sub-clause 6.102.

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

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

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

7.106 *Verification of the correct wiring*

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

7.107 *Tests after erection on site*

After erection, before putting into service, the gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be tested to check the correct operation and the dielectric strength of the equipment.

These tests and verifications comprise:

	Sub-clause
a) Voltage tests on the main circuits:	7.107.1
b) Dielectric tests on auxiliary circuits:	7.2
c) Measurement of the resistance of the main circuit:	7.3
d) Gas leakage tests:	7.103
e) Checks and verifications:	7.107.2
f) Measurement of moisture:	7.107.3

For reasons given in Sub-clause 5.103.1 and to ensure minimum disturbance, and to reduce the risk of moisture and dust entering enclosures so preventing correct operation of the switchgear, no obligatory periodic inspections or pressure tests are specified or recommended when the gas-insulated substation is in service.

A test should be made to prove the absence of dangerous circulating currents in the enclosure and other metallic parts, such as pipes and supporting structures, if these are not intended for such currents.

7.107.1 *Voltage tests on the main circuits*

7.107.1.1 *General*

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

A cause de leur objectif différent, ces essais ne doivent pas remplacer les essais de type ou les essais individuels qui sont réalisés sur les unités de transport et, chaque fois que cela est possible, en usine. Ils complètent les essais diélectriques individuels avec pour objectif de vérifier l'intégrité diélectrique de l'installation achevée et de détecter des anomalies, comme indiqué ci-dessus. Normalement l'essai diélectrique doit être réalisé après que l'appareillage a été entièrement monté et rempli de gaz à la masse volumique assignée, de préférence à la fin de tous les essais sur site dans le cas d'une installation nouvelle. Il est recommandé de réaliser également un tel essai diélectrique après tout démontage important pour maintenance ou reconditionnement de compartiments. Ces essais doivent être distingués de la montée progressive en tension réalisée afin de créer un certain conditionnement électrique de l'équipement avant mise en service.

La réalisation sur le site de tels essais n'est pas toujours pratique et certaines dérogations aux normes peuvent être acceptées. Le but de ces essais étant une vérification finale avant mise sous tension, il est très important que la procédure d'essai choisie ne mette pas en péril les parties saines de l'appareillage.

En choisissant, dans chaque cas individuel, une méthode d'essai appropriée, un accord particulier peut être nécessaire dans un intérêt de commodité ou d'économie; par exemple les besoins en puissance électrique, les dimensions et le poids des équipements d'essais peuvent être à prendre en compte.

Le constructeur et l'utilisateur doivent convenir du programme détaillé des essais diélectriques sur le site.

7.107.1.2 Modalités d'essai

L'appareillage est complètement monté et rempli de gaz à la masse volumique assignée.

Certaines parties peuvent être déconnectées pour l'essai, soit à cause de leur courant de charge important, soit à cause de leur effet de limitation de la tension, comme:

- les câbles haute tension et les lignes aériennes;
- les transformateurs de puissance et la plupart des réducteurs de tension;
- les parafoudres et les éclateurs de protection.

Notes 1. — Pour déterminer les parties pouvant être déconnectées, il convient d'attirer l'attention sur le fait que l'opération de reconnexion peut provoquer des défauts après la fin des essais.

2. — Pour essayer la plus grande partie de l'appareillage, on peut prévoir, dès la conception, une éclisse démontable pour chacun des cas mentionnés ci-dessus. On entend par «éclisse» un élément du conducteur qui peut être facilement enlevé afin de séparer l'appareillage en deux parties isolées l'une de l'autre. Ce genre de séparation est à préférer à un démontage.

Toute partie nouvellement installée d'un appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse doit être soumise sur le site à un essai diélectrique.

Généralement, en cas d'extension, la partie adjacente de l'appareillage existant est, en principe, mise hors tension et à la terre pendant l'essai diélectrique, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que des décharges disruptives survenant dans l'extension ne se répercutent sur la partie sous tension de l'appareillage existant.

Il peut être nécessaire d'appliquer la tension d'essai après réparation ou maintenance de parties importantes ou après montage d'extensions. On peut alors être obligé d'appliquer la tension d'essai à une partie existante pour essayer toutes les sections concernées. Dans ces cas il est recommandé de suivre la même procédure que pour un appareillage nouvellement installé.

Because of their different purpose, these tests shall not replace the type tests or the routine tests carried out on the transport units and, as far as possible, in the factory. They are supplementary to the dielectric routine tests with the aim of checking the dielectric integrity of the completed installation and of detecting irregularities as mentioned above. Normally the dielectric test shall be made after the switchgear has been fully erected and gas-filled at the rated density, preferably at the end of all site tests, when newly installed. Such a dielectric test is recommended to be performed also after major dismantling for maintenance or reconditioning of compartments. These tests are to be distinguished from the progressive voltage increase performed in order to achieve a kind of electrical conditioning of the equipment before commissioning.

The execution of such site tests is not always practicable and deviations from the standards may be accepted. The aim of these tests being a final check before energizing, it is very important that the chosen test procedure does not jeopardize sound parts of the switchgear.

In choosing an appropriate test method for each individual case a special agreement may be necessary in the interest of practicability and economy, e.g. the electrical power requirements, and the dimensions and weight of the test equipment may need to be considered.

A detailed test programme for the dielectric tests on site shall be agreed between manufacturer and user.

7.107.1.2 *Test procedure*

The switchgear shall be erected completely and gas-filled at its rated density.

Some parts may be disconnected for the test, either because of their high charging current or because of their effect on voltage limitation, such as:

- high-voltage cables and overhead lines;
- power transformers and most voltage transformers;
- surge arresters and protective spark gaps.

Notes 1. — In determining the parts which could be disconnected attention is drawn to the fact that the reconnection may introduce faults after the tests are finished.

- 2.* — In order to test as much as possible of the switchgear, a removable link may be included in the design in each of the above-mentioned cases. Here a “link” is understood to be a part of the conductor which can easily be removed in order to isolate two parts of the switchgear from each other. This type of separation is preferable rather than dismantling.

Every newly erected part of gas-insulated metal-enclosed switchgear shall be subjected to a dielectric test on site.

In the case of extensions, in general, the adjacent existing part of the switchgear should be de-energized and earthed during the dielectric test, unless special measures are taken to prevent disruptive discharges in the extension affecting the energized part of the existing switchgear.

Application of the test voltage may be necessary after repair or maintenance of major parts or after erection of extensions. The test voltage may then have to be applied to existing parts in order to test all sections involved. In those cases the same procedure should be followed as for newly erected switchgear.

7.107.1.3 *Formes d'ondes*

Pour choisir une forme d'onde appropriée, il convient de tenir compte de la norme 60-2 de la C E I: Techniques des essais à haute tension, Deuxième partie: Modalités d'essais; cependant, des formes similaires sont aussi acceptables. Il n'existe pas de forme d'onde idéale qui couvrirait tous les besoins. Des divergences admissibles sont indiquées ci-après. Des informations sur les moyens de produire les tensions d'essais sont données dans l'article CC1 de l'annexe CC.

1) *Essais de tension alternative*

Les essais de tension alternative sont particulièrement sensibles pour détecter des contaminations (par exemple des particules conductrices) et, dans la plupart des cas, suffisent pour détecter des configurations anormales du champ électrique.

L'expérience actuelle correspond à des fréquences d'essai de 50 Hz et 60 Hz. Une fréquence d'essai comprise entre 10 Hz et 300 Hz convient.

Note. — L'attention est attirée sur le fait que, pour les essais de tension avec des fréquences différentes des fréquences assignées de 50 Hz et 60 Hz, il faut tenir compte d'une expérience plus complète de tels essais.

2) *Essais de tension de choc*

a) Les essais de tension de choc de foudre sont particulièrement sensibles pour détecter des configurations de champ électrique anormales (par exemple électrodes endommagées).

Sur la base de l'expérience acquise à ce jour, des tensions de choc de foudre peuvent être acceptées avec une durée de front jusqu'à 8 μ s. Quand on utilise des tensions oscillantes de choc de foudre, la durée de front est acceptable jusqu'à environ 15 μ s.

Note. — Il convient de tenir compte des réflexions dues aux ondes à front raide dans les grandes installations.

b) Les essais de tension de choc de manœuvre sont utiles, en particulier pour les tensions assignées les plus élevées, afin de détecter la présence de contaminations ou de configurations de champ anormales, avec un équipement d'essais relativement simple.

Selon l'expérience existante, des chocs de manœuvre de forme apériodique ou oscillante et ayant une durée jusqu'à la crête comprise entre 150 μ s et 10 ms conviennent.

3) *Essais de tension continue*

Un essai avec tension continue ne peut pas être recommandé. Les spécifications existantes relatives aux câbles ne sont pas applicables à l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (se référer au paragraphe 5.109).

7.107.1.4 *Tensions d'essai*

Considérant que:

- les unités de transport ont normalement subi les essais individuels de série;
- la probabilité de décharge disruptive est plus grande dans une installation complète que sur des unités fonctionnelles séparées;
- toute décharge disruptive doit être évitée dans un compartiment correctement monté;
- la valeur de la tension pour les essais diélectriques sur le site doit être égale à:
 - 80% de la tension alternative appliquée pour l'essai individuel de série;
 - 80% de la tension appliquée pour les essais de choc de foudre et de manœuvre.

Lorsqu'il n'est pas spécifié d'essai de type de choc de manœuvre, l'essai sur le site aux chocs de manœuvre se fait à 80% de la tension d'essai sur le site aux chocs de foudre.

Note. — Il convient de porter une attention particulière à la sévérité relative des ondes de forme non normalisée et d'ajuster, en conséquence, la valeur de la tension d'essai.

7.107.1.3 *Voltage waveforms*

For the choice of an appropriate voltage waveform, I E C Publication 60-2: High-voltage Test Techniques, Part 2: Test Procedures, should be taken into consideration, however, similar waveforms are also permissible. An ideal voltage waveform covering all requirements does not exist. Permissible deviations are indicated below. Information concerning the generation of test voltages is given in Clause CC1 of Appendix CC.

1) *A.C. voltage tests*

A.C. voltage tests are especially sensitive in detecting contaminations (e.g. conducting particles), and are in most cases also sufficient in detecting abnormal field configurations.

The existing experience refers to test frequencies of 50 Hz and 60 Hz. The test frequency should be limited to the range of 10 Hz to 300 Hz.

Note. — Attention should be given to the fact that for voltage tests with frequencies other than the rated frequencies of 50 Hz and 60 Hz further experience with such tests has to be taken into account.

2) *Impulse voltage tests*

a) Tests with lightning impulse voltages are especially sensitive in detecting abnormal field configurations (e.g. damaged electrodes).

Based on the existing experience, lightning impulse voltages with a front time extended up to 8 μ s are acceptable. When using oscillating lightning impulse voltages the front time may be extended to approximately 15 μ s.

Note. — Reflections due to steep front waves in large installations should be taken into account.

b) Tests with switching impulse voltages are useful especially for higher rated voltages to detect the presence of contaminations as well as abnormal field configurations with relatively simple test equipment.

Based on existing experience, switching impulses with either aperiodic or oscillating waveforms and with a time to crest in the range of 150 μ s to 10 ms are suitable.

3) *D.C. voltage tests*

A d.c. voltage test cannot be recommended. The existing test specifications for cables are not applicable to gas-insulated metal-enclosed switchgear (refer to Sub-clause 5.109).

7.107.1.4 *Test voltages*

Considering that:

- transport units have normally been subjected to routine tests;
 - the probability of disruptive discharges is higher for the complete installation than for individual functional units;
 - disruptive discharges in correctly erected equipment shall be avoided;
- the test voltage for dielectric tests on site shall be:
- 80% of the a.c. voltage applied for the routine test;
 - 80% of the voltage applied for lightning and switching impulse tests.

Where no switching impulse voltage is specified, the value of the switching impulse voltage for dielectric tests on site shall be 80% of the lightning impulse test voltage on site.

Note. — Special attention should be given to the relative severity of non-standardized waveforms the test voltage value of which should be adjusted accordingly.

Dans certains cas, pour des raisons techniques ou pratiques, les essais diélectriques sur le site peuvent être réalisés avec des valeurs de tension réduites. Des informations détaillées sont données dans l'article CC3 de l'annexe CC.

7.107.1.5 *Procédures d'essai diélectrique*

La procédure d'essai est choisie parmi les suivantes, par accord entre constructeur et utilisateur :

Procédure A

Essai avec une tension alternative à la valeur spécifiée pendant 1 min.

Dans des cas particuliers cet essai peut être complété par un essai de tension de choc consistant en trois chocs de chaque polarité à la valeur spécifiée.

Procédure B

Essai d'une durée minimale de 5 min avec une tension alternative ayant une valeur au moins égale à $U/\sqrt{3}$ pour les réseaux à neutre à la terre et U pour les réseaux à neutre isolé ou compensés par bobine d'extinction. Cet essai est suivi par un essai de tension de choc, consistant en trois chocs de chaque polarité à la valeur spécifiée.

D'autres essais peuvent être acceptés sur la base de l'expérience en service et de résultats d'études ultérieures (voir article CC3 de l'annexe CC).

7.107.1.6 *Application de la tension*

La tension d'essai spécifiée est appliquée entre chaque conducteur de phase, à tour de rôle, et l'enveloppe, les autres conducteurs de phase étant reliés à l'enveloppe mise à la terre. L'isolation entre conducteurs de phases n'est soumise à aucun autre essai diélectrique distinct sur le site.

La source de tension peut être reliée à un endroit convenable quelconque du conducteur de la phase en essai.

Il est souvent pratique de diviser en plusieurs parties l'installation complète de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse en ouvrant des disjoncteurs et des sectionneurs pour l'une au moins des raisons suivantes :

- aider à localiser des décharges disruptives,
- limiter l'énergie de décharge si une décharge disruptive se produit,
- limiter la charge capacitive de la source de tension d'essai.

Les parties qui dans de tels cas ne sont pas essayées et qui sont isolées de la partie en essai par un disjoncteur ou un sectionneur sont mises à la terre. Aucun essai diélectrique entre contacts ouverts des appareils de connexion n'est nécessaire sur le site sauf s'il y a un démontage après l'essai individuel de série.

7.107.1.7 *Evaluation de l'essai*

On considère que l'appareillage a subi l'essai de façon satisfaisante si chaque partie a supporté la tension d'essai spécifiée sans aucune décharge disruptive.

Lorsqu'une décharge disruptive se produit pendant les essais diélectriques sur le site, on doit s'assurer de la tenue diélectrique de l'équipement. Ceci peut être fait soit par inspection de l'isolation solide si cela est faisable et si l'emplacement de la décharge disruptive est connu (voir article CC2 de l'annexe CC), ou peut être fait en réalisant des essais diélectriques complémentaires suivant un accord entre constructeur et utilisateur, établi avant le début des essais sur le site.

Un guide pour la reprise d'essais est donné dans l'article CC6 de l'annexe CC.

In certain circumstances, for technical or practical reasons, dielectric tests on site may be carried out with reduced voltage values. Details are given in Clause CC3 of Appendix CC.

7.107.1.5 *Dielectric test procedures*

The test procedure should be agreed between manufacturer and user and be chosen from:

Procedure A

A.C. voltage test for a duration of 1 min at the specified value.

In special cases this test may be complemented by an impulse voltage test consisting of three impulses of each polarity at the specified value.

Procedure B

A.C. voltage test for a minimum duration of 5 min at a value not lower than $U/\sqrt{3}$ for earthed neutral or U for isolated neutral or resonant earthed system. This test is followed by an impulse voltage test consisting of three impulses of each polarity at the specified value.

Other tests may be acceptable based on service experience and the results of further development (see Clause CC3 of Appendix CC).

7.107.1.6 *Voltage application*

The specified test voltage shall be applied between each phase conductor, one at a time, and the enclosure, the other phase conductors being connected to the earthed enclosure. The insulation between phase conductors shall not be subjected to any other separate dielectric test on site.

The test voltage source may be connected to any convenient point of the phase conductor under test.

It is often convenient to divide the whole installation of gas-insulated metal-enclosed switchgear into sections by opening circuit-breakers and disconnectors for at least one of the following reasons.

- to facilitate the location of disruptive discharges,
- to limit the discharged energy if a disruptive discharge occurs,
- to limit the capacitive load on the test voltage source.

The sections which in such cases are not being tested and which are isolated by a circuit-breaker or a disconnector from the section under test shall be earthed. Unless dismantled after routine test, no dielectric test across the open switching devices need be carried out on site.

7.107.1.7 *Assessment of the test*

The switchgear shall be considered to have passed the test, if each section has withstood the specified test voltage without any disruptive discharge.

In the event of a disruptive discharge occurring during dielectric tests on site, steps shall be taken to ensure the dielectric strength of the equipment. This may be achieved either by the inspection of the solid insulation, if practicable and if the location of the disruptive discharge is known (see Clause CC2 of Appendix CC), or it may be done by performing additional dielectric tests according to an agreement between manufacturer and user established before the site tests have started.

Guidelines on repetition tests are given in Clause CC6 of Appendix CC.

7.107.2 *Contrôles et vérifications*

Les points suivants doivent être vérifiés:

- a) conformité de l'ensemble avec les dessins et les instructions du constructeur;
- b) serrage de tous les raccords de tuyauterie, de tous les boulons et de toutes les connexions sur les bornes;
- c) conformité de la filerie avec les schémas;
- d) fonctionnement correct des verrouillages électriques, pneumatiques ou autres;
- e) fonctionnement correct des équipements de commande, de mesure, de protection et de réglage, y compris le chauffage et l'éclairage.

Note. — Si pour une raison quelconque, un ou plusieurs des essais individuels de série n'ont pas été effectués en usine, il convient de les faire sur le site en les combinant avec les essais après montage.

7.103.3 *Mesurage du taux d'humidité*

Le taux d'humidité du gaz isolant doit être déterminé, et ne doit pas dépasser la limite maximale permise par le constructeur.

Si l'appareillage est rempli d'hexafluorure de soufre, se référer, pour le contrôle de l'état du gaz en service, à la Publication 480 de la C E I: Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique.

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

Pour une certaine contrainte en service, l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses matériels qu'exigent les conditions de charge normale et les conditions en cas de défaut.

Les caractéristiques assignées sont choisies en principe comme proposé dans cette norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses futures extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'article 4.

Pour l'isolation externe seulement on doit considérer d'autres paramètres tels que les conditions locales atmosphériques et climatiques et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m (voir article 2).

Les contraintes imposées par les conditions en cas de défaut sont en principe déterminées en calculant les courants de défaut à l'endroit du réseau où l'installation de l'appareillage 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 métallique à isolation gazeuse, 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, par exemple, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux atmosphères explosives, à la poussière excessive ou au sel, le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer, ainsi que les mouvements possibles des fondations.

7.107.2 *Checks and verifications*

The following shall be verified:

- a) conformity of the assembly with the manufacturer's drawings and instructions;
- b) tightening of all pipe junctions, bolts and terminal connections;
- c) conformity of the wiring with the diagrams;
- d) proper function of the electrical, pneumatic and other interlocks;
- e) proper function of the control, measuring, protective and regulating equipment including heating and lighting.

Note. — If for whatever reasons one or more routine tests are not performed at the manufacturer's works, they should be carried out on site combined with the tests after erection.

7.107.3 *Measurement of moisture*

The moisture content of the insulating gas shall be determined. The content shall not exceed the maximum limit permitted by the manufacturer.

If the switchgear is filled with sulphur hexafluoride, for checking the condition of the gas during service, reference is made to I E C Publication 480: Guide to the Checking of Sulphur Hexafluoride (SF₆) Taken from Electrical Equipment.

8. **Guide to the selection of the switchgear for service**

For a given duty in service, gas-insulated metal-enclosed switchgear is selected by considering the individual rated values of its components required under normal load conditions and in case of fault conditions.

The rated values should be chosen as suggested in this standard regarding the characteristics of the system as well as its expected future development. The complete list of rating is given in Clause 4.

For external insulation only, other parameters such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m are to be considered (see Clause 2).

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

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

9.101 *Information with enquiries and orders*

When enquiring for or ordering an installation of gas-insulated metal-enclosed switchgear 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, 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, as well as possible movements of foundations.

3) *Caractéristiques de l'installation et de ses matériels*

- a) installation pour l'intérieur ou l'extérieur;
- b) nombre de phases (sous enveloppe monophasée ou sous enveloppe commune);
- 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 des circuits auxiliaires;
- l) schémas des circuits;
- m) détails des raccordements de câbles à haute tension.

4) *Caractéristiques des dispositifs de manœuvre*

- a) type des dispositifs de manœuvre;
- b) tension assignée d'alimentation (s'il y a lieu);
- c) fréquence assignée d'alimentation (s'il y a lieu);
- d) pression assignée d'alimentation (s'il y a lieu);
- e) exigences spéciales de verrouillage.

En plus de ces alinéas, il est recommandé au demandeur d'indiquer toute condition qui peut influencer sur la soumission ou la commande, telle que les conditions particulières de montage ou d'installation, l'emplacement des connexions externes à haute tension ou les règles pour les réservoirs à pression.

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

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*

Les caractéristiques de l'installation sont énumérées à la section 3) du paragraphe 9.101.

2) *Autres particularités de l'appareillage et de ses matériels*

- a) pression de calcul des enveloppes;
- b) température de calcul des enveloppes;
- c) type et masse volumique assignée du gaz d'isolement;
- d) masse volumique minimale du gaz;
- e) volume de gaz pour les différents compartiments;
- f) valeurs limites des taux d'humidité et de fuite de gaz;
- g) détails des mesures appropriées pour la localisation des défauts.

3) *Certificats ou comptes rendus d'essais de type*

Quand des certificats sont demandés, il suffit généralement de soumettre les premières pages avec les résultats.

3) *Particulars of the installation and its components*

- a) indoor or outdoor installation;
- b) number of phases (individually encased or in a common enclosure);
- 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 auxiliary circuits;
- l) circuit diagrams;
- m) details of high-voltage cable connections.

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 locating of the external high-voltage connections or the rules for pressure vessels.

Information should be supplied if special type tests are required.

9.102 *Information with tenders*

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

1) *Rated values and characteristics*

Particulars of the installation are enumerated in Section 3) of Sub-clause 9.101.

2) *Further particulars of the switchgear and its components*

- a) design pressure of enclosures;
- b) design temperature of enclosures;
- c) type and rated density of gas for insulation;
- d) minimum gas density;
- e) volume of gas for the different compartments;
- f) limit values of moisture content and gas leakage;
- g) details of appropriate measures for fault location.

3) *Type test certificates or reports*

When certificates are requested, in general the first pages containing the results may be sufficient.

- 4) *Détails de construction*
 - a) masse de l'unité de transport la plus lourde;
 - b) dimensions hors tout de l'appareillage;
 - c) disposition des connexions externes;
 - d) dispositions pour le transport à prévoir par l'utilisateur;
 - e) dispositions pour le montage à prévoir par l'utilisateur.
- 5) *Caractéristiques des dispositifs de manœuvre*
 - a) types et valeurs assignées telles qu'énumérées à la section 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.
- 6) *Informations concernant tous les sujets faisant l'objet d'un accord préalable entre constructeur et utilisateur*
- 7) *Liste des pièces détachées recommandées*

L'utilisateur devrait se procurer ces pièces détachées.
- 8) *Instructions concernant le fonctionnement et la maintenance*

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.

4) *Constructional features*

- a) mass of the heaviest transport unit;
- b) overall dimensions of the switchgear;
- c) arrangement of the external connections;
- d) provisions for transport to be taken by the user;
- e) provisions for mounting to be taken by the user.

5) *Particulars of the operating devices*

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

6) *Information about all matters to be subject to prior agreement between manufacturer and user*7) *List of recommended spare parts*

Spare parts should be procured by the user.

8) *Instructions for operation and maintenance*10. **Rules for transport, storage, erection and maintenance**

Refer to Clause 10 of I E C Publication 694.

10.1 *Conditions during transport, storage and erection*

Refer to Sub-clause 10.1 of I E C Publication 694.

10.2 *Erection*

Refer to Sub-clause 10.2 of I E C Publication 694.

10.3 *Maintenance*

Refer to Sub-clause 10.3 of I E C Publication 694.

ANNEXE AA

MÉTHODE RECOMMANDÉE POUR L'ESSAI DE PROTECTION CONTRE
LES INTEMPÉRIES DE L'APPAREILLAGE SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE
À ISOLATION GAZEUSE POUR L'INSTALLATION À L'EXTÉRIEUR

L'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse à essayer est complet, équipé de tous les capots, écrans, traversées, etc., et placé dans la zone exposée à la pluie artificielle.

La pluie artificielle est fournie par un nombre suffisant de lances arrosant de façon uniforme les surfaces à essayer. Il est admis d'essayer séparément les différentes parties de l'équipement, à condition que soient arrosés simultanément et de façon uniforme:

- a) les surfaces supérieures par des lances qui se trouvent à une hauteur appropriée;
- b) le sol sur une distance de 1 m devant les parties essayées, l'équipement se trouvant à la hauteur minimale au-dessus du sol indiquée par le constructeur.

Si la largeur de l'équipement dépasse 3 m, il est admis d'arroser successivement des tranches de 3 m de largeur. Les enveloppes sous pression ne sont pas nécessairement soumises à la pluie artificielle.

Chaque lance utilisée pour cet essai fournit un jet d'eau à section carrée et de distribution uniforme; elle a un débit de $30 \text{ l/min} \pm 10\%$ à une pression de $4,6 \text{ bar} \pm 10\%$, l'angle d'ouverture du jet étant de 60° à 80° . L'axe longitudinal de chaque lance est incliné vers le sol, de sorte que la limite supérieure du jet se trouve dans un plan horizontal s'il est dirigé vers les surfaces à essayer. Il est recommandé de disposer des lances sur un tube-support vertical à intervalles d'environ 2 m (voir disposition d'essai sur la figure AA1, page 72).

La pression dans le tube d'alimentation des lances est de $4,6 \text{ bar} \pm 10\%$ lorsque l'eau circule. La quantité d'eau appliquée à chaque surface essayée est d'environ 5 mm/min, chaque surface ainsi essayée étant arrosée avec cette quantité de pluie artificielle pendant 5 min. L'orifice de chaque lance doit se trouver à une distance comprise entre 2,5 m et 3 m de la surface essayée la plus proche.

Note. — Au cas où une lance conforme au dessin de la figure AA2, page 73, est utilisée, la quantité d'eau est considérée comme correspondant à cette norme lorsque la pression est de $4,6 \text{ bar} \pm 10\%$.

Immédiatement après l'essai, l'équipement doit être examiné en vue de vérifier si les exigences suivantes sont remplies.

- a) on ne constate pas de présence d'eau sur l'isolation des circuits auxiliaires;
- b) on ne constate pas de présence d'eau sur les matériels électriques ou les mécanismes de l'équipement, sauf sur les traversées;
- c) la charpente ou d'autres parties non isolantes ne retiennent pas une quantité notable d'eau (afin de réduire la corrosion).

APPENDIX AA

RECOMMENDED METHOD FOR THE WEATHERPROOFING TEST
FOR OUTDOOR GAS-INSULATED METAL-ENCLOSED SWITCHGEAR

The gas-insulated metal-enclosed switchgear to be tested shall be fully equipped and complete with all top covers, screens, bushings, etc., and placed in the area to be supplied with artificial precipitation.

The artificial precipitation shall be supplied by a sufficient number of nozzles to produce a uniform spray over the surfaces under test. The various parts of the equipment may be tested separately, provided that a uniform spray is simultaneously applied also to both of the following:

- a) the top surfaces from nozzles located at a suitable height;
- b) the floor for a distance of 1 m in front of the parts under test with the equipment located at the minimum height above the floor level specified by the manufacturer.

Where the width of the equipment exceeds 3 m, the spray may be applied to 3 m wide sections in turn. Pressurized enclosures need not be submitted to artificial precipitation.

Each nozzle used for this test shall deliver a square-shaped spray pattern with uniform spray distribution and shall have a capacity of $30 \text{ l/min} \pm 10\%$ at a pressure of $4.6 \text{ bar} \pm 10\%$ and a spray angle of 60° to 80° . The centre lines of the nozzles shall be inclined downwards so that the top of the spray is horizontal if it is directed towards the surfaces being tested. It is convenient to arrange the nozzles on a vertical stand-pipe and space them about 2 m apart (see test arrangement in Figure AA1, page 72).

The pressure in the feedpipe of the nozzles shall be $4.6 \text{ bar} \pm 10\%$ under flow conditions. The rate at which water is applied to each surface under test shall be about 5 mm/min, and each surface so tested shall receive this rate of artificial precipitation for a duration of 5 min. The spray nozzles shall be at a distance between 2.5 m and 3 m from the nearest vertical surface under test.

Note. — When a nozzle in accordance with Figure AA2, page 73, is used, the quantity of water is considered to be in accordance with this standard when the pressure is $4.6 \text{ bar} \pm 10\%$.

After the test is completed, the equipment shall be inspected promptly to determine whether the following requirements have been met:

- a) no water shall be visible on the insulation of the auxiliary circuits;
- b) no water shall be visible on electrical components or mechanisms of the equipment except for bushings;
- c) no significant accumulation of water shall be retained by the structure or other non-insulating part (to minimize corrosion).