

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
137**

Quatrième édition
Fourth edition
1995-12

**Traversées isolées pour tensions alternatives
supérieures à 1 000 V**

**Insulated bushings for alternating voltages
above 1 000 V**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 137: 1995

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

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 IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
137

Quatrième édition
Fourth edition
1995-12

**Traversées isolées pour tensions alternatives
supérieures à 1 000 V**

**Insulated bushings for alternating voltages
above 1 000 V**

© CEI 1995 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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60137:1995

CORRIGENDUM 1

Article 7.5 *Essai d'échauffement*

Page 46

*Remplacer la formule (2) existante par la
nouvelle formule (2) amendée suivante:*

Clause 7.5 *Temperature rise test*

Page 47

*Replace existing formula (2) by the
following new amended formula (2):*

$$M = \left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \quad (2)$$

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	8
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Références normatives	10
2 Définitions.....	14
3 Caractéristiques assignées	22
3.1 Valeurs normalisées de la tension assignée (U_T)	22
3.2 Valeurs normalisées du courant assigné (I_T)	22
3.3 Valeurs normalisées du courant thermique de courte durée assigné (I_{th})	22
3.4 Valeurs normalisées du courant dynamique assigné (I_d)	22
3.5 Valeurs minimales de tenue à la flexion.....	22
3.6 Angle de montage	24
3.7 Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite	24
3.8 Limites de température et échauffements	24
3.9 Niveaux d'isolement normalisés	26
3.10 Prise de mesure des traversées pour transformateurs	26
4 Conditions de service.....	26
4.1 Surtensions temporaires	26
4.2 Altitude	26
4.3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion	28
5 Renseignements à fournir lors des commandes et marques d'identification	28
5.1 Énumération des caractéristiques.....	28
5.2 Marques d'identification.....	30
6 Conditions d'exécution des essais	32
6.1 Conditions générales	32
6.2 Classification des essais	32
6.3 Etat des traversées lors des essais diélectriques et thermiques.....	34
7 Essais de type	36
7.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie	36
7.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec.....	38
7.3 Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie.....	40
7.4 Essai de stabilité thermique	42
7.5 Essai d'échauffement.....	44
7.6 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée	48
7.7 Essai de tenue à la flexion	50
7.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide ou de mélange et des traversées à isolation liquide.....	50
7.9 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz	52
7.10 Essai de pression externe des traversées totalement ou partiellement immergées dans un gaz	52
7.11 Vérification des dimensions.....	54

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references	11
2 Definitions.....	15
3 Ratings	23
3.1 Standard values of rated voltage (U_r)	23
3.2 Standard values of rated current (I_r)	23
3.3 Standard values of rated thermal short-time current (I_{th})	23
3.4 Standard values of rated dynamic current (I_d)	23
3.5 Minimum withstand values of cantilever load	23
3.6 Angle of mounting	25
3.7 Minimum nominal creepage distance	25
3.8 Temperature limits and temperature rise.....	25
3.9 Standard insulation levels	27
3.10 Test tap on transformer bushings	27
4 Operating conditions	27
4.1 Temporary overvoltages.....	27
4.2 Altitude	27
4.3 Temperature of ambient air and immersion media.....	29
5 Ordering information and markings	29
5.1 Enumeration of characteristics	29
5.2 Markings.....	31
6 Test requirements	33
6.1 General requirements.....	33
6.2 Test classification	33
6.3 Condition of bushings during dielectric and thermal tests	35
7 Type tests.....	37
7.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test	37
7.2 Dry lightning impulse voltage withstand test.....	39
7.3 Dry or wet switching impulse voltage withstand test.....	41
7.4 Thermal stability test	43
7.5 Temperature rise test	45
7.6 Verification of thermal short-time current withstand.....	49
7.7 Cantilever load withstand test.....	51
7.8 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings	51
7.9 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	
7.10 External pressure test on partly or completely gas-immersed bushings	53
7.11 Verification of dimensions	55

Articles	Pages
8 Essais individuels.....	54
8.1 Mesures du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité à la température ambiante.....	54
8.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec.....	56
8.3 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec.....	56
8.4 Mesure de l'intensité des décharges partielles.....	58
8.5 Essais de l'isolement des prises.....	60
8.6 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz.....	60
8.7 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide ou de mélange et à isolation liquide.....	62
8.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz.....	62
8.9 Essai d'étanchéité de la bride ou autre dispositif de fixation.....	64
8.10 Examen visuel et vérification des dimensions.....	66
9 Prescriptions et essais des traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation composite.....	66
9.1 Conditions thermiques.....	66
9.2 Niveau du milieu d'immersion.....	66
9.3 Marques d'identification.....	66
9.4 Conditions d'exécution des essais.....	68
Figures	
1 Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées supérieures à 100 kV.....	70
2 Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 100 kV, sauf les traversées auxquelles s'applique la figure 3.....	70
3 Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation composite.....	70
Tableaux	
1 Valeurs minimales de la tenue à la flexion.....	72
2 Valeurs maximales de la température et des échauffements au-dessus de la température de l'air ambiant.....	74
3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion.....	76
4 Correction des tensions d'essai.....	78
5 Valeurs maximales de $\tan \delta$ et de l'accroissement de $\tan \delta$	80
6 Valeurs maximales de l'intensité des décharges partielles.....	80
7 Niveaux d'isolement normalisés pour les tensions assignées inférieures à 300 kV.....	82
8 Niveaux d'isolement normalisés pour les tensions assignées égales ou supérieures à 300 kV.....	84
9 Tension d'essais de tenue à fréquence industrielle à sec pour les tensions assignées égales ou supérieures à 300 kV.....	86
10 Applicabilité des essais de type.....	88
11 Applicabilité des essais de type pour les traversées conformes à l'article 9.....	88
12 Applicabilité des essais individuels.....	90
13 Applicabilité des essais individuels pour les traversées conformes à l'article 9.....	90

Clause	Page
8 Routine tests	55
8.1 Measurements of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance at ambient temperature	55
8.2 Dry lightning impulse voltage withstand test	57
8.3 Dry power-frequency voltage withstand test	57
8.4 Measurement of partial discharge quantity	59
8.5 Tests of tap insulation	61
8.6 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	61
8.7 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings ..	63
8.8 Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings	63
8.9 Tightness test at the flange or other fixing device	65
8.10 Visual inspection and dimensional check	67
9 Requirements and tests for bushings of rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation	67
9.1 Temperature requirements	67
9.2 Level of immersion medium	67
9.3 Markings	67
9.4 Test requirements	69
Figures	
1 Marking plate for bushings for rated voltages greater than 100 kV	71
2 Marking plate for bushings for rated voltages equal to or less than 100 kV, except for bushings for which figure 3 is applicable	71
3 Marking plate for bushings for rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation	71
Tables	
1 Minimum values of cantilever withstand load	73
2 Maximum values of temperature and temperature rise above ambient air	75
3 Temperature of ambient air and immersion media	77
4 Correction of test voltages	79
5 Maximum values of $\tan \delta$ and $\tan \delta$ increase	81
6 Maximum values of partial discharge quantity	81
7 Standard insulation levels for rated voltages less than 300 kV	83
8 Standard insulation levels for rated voltages equal to or greater than 300 kV	85
9 Dry power-frequency withstand test voltages for rated voltages equal to or greater than 300 kV	87
10 Applicability of type tests	89
11 Applicability of type tests for bushings according to clause 9	89
12 Applicability of routine tests	91
13 Applicability of routine tests for bushings according to clause 9	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES
SUPÉRIEURES À 1 000 V

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 137 a été établie par le sous-comité 36A: Traversées isolées, du comité d'études 36 de la CEI: Isolateurs.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 1984 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
36A/45/FDIS	36A/55/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATED BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1000 V

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, express as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 137 has been prepared by sub-committee 36A: Insulated bushings, of IEC technical committee 36: Insulators.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 1984 and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
36A/45/FDIS	36A/55/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

INTRODUCTION

Dans cette édition de la CEI 137, une importance particulière est accordée aux prescriptions relatives aux traversées destinées à équiper les transformateurs, et la gamme des traversées mentionnées a été élargie de façon à inclure les traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation composite.

De nombreux articles ont été modifiés du fait de l'évolution technologique et afin de s'aligner sur la révision en cours des normes de la CEI. De nouveaux types de traversées sont pris en compte, par exemple les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz.

Les traversées destinées aux transformateurs font l'objet de prescriptions particulières, considérées comme non nécessaires pour les traversées destinées à l'appareillage ou à d'autres applications. Un niveau élevé de pérennité est nécessaire pour s'assurer que la traversée ne sera pas le siège d'un défaut ou d'un amorçage interne dans le transformateur en essais. Pour les traversées de transformateurs, il convient que les niveaux d'essais de tenue à fréquence industrielle à sec soient augmentés comme indiqué en 8.3.

L'essai de tenue au courant dynamique n'est pas mentionné dans le texte, l'expérience acquise jusqu'à présent n'étant pas suffisante pour concevoir un essai réaliste.

INTRODUCTION

In this edition of IEC 137 special account is taken of the requirements for bushings to be fitted to transformers, and the range of bushings addressed in this edition has been extended to include bushings of rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation.

Many clauses have been modified, considering the evolution of technology, and to align with current revisions of the IEC standards. New types of bushings, e.g. gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, are considered.

For bushings fitted to transformers special requirements not considered necessary for bushings fitted to switchgear, or used for other applications have been addressed. A high level of integrity is needed to ensure that the bushing will not fail, or be the initiator of internal flashover in the transformer under test. Dry power-frequency withstand test voltage levels for transformers bushings should be increased according to 8.3.

The dynamic current withstand test is not mentioned in the text, because insufficient experience has so far been collected to design a realistic test.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60137:1995

TRAVERSÉES ISOLÉES POUR TENSIONS ALTERNATIVES SUPÉRIEURES À 1 000 V

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques et les essais applicables aux traversées isolées.

La présente norme s'applique aux traversées, telles qu'elles sont définies à l'article 2, destinées aux matériels, transformateurs, appareillages et installations électriques pour les réseaux à courant alternatif triphasé de tension assignée supérieure à 1 000 V et de fréquences comprises entre 15 Hz et 60 Hz inclus.

Dans cette norme, les conditions particulières et les essais des traversées de transformateurs s'appliquent également aux traversées de réactances.

Cette norme peut également s'appliquer de manière analogue aux traversées destinées à être utilisées dans des réseaux autres que les réseaux triphasés, par exemple les redresseurs, les transformateurs d'essai, ou encore les extrémités de câbles de puissance et les condensateurs. Il convient que les traversées de ce type fassent l'objet d'un accord particulier entre fournisseur et acheteur.

Cette norme n'est pas applicable aux structures isolantes ayant une ressemblance avec des traversées, utilisées comme isolateurs supports à l'intérieur de l'appareillage sous enveloppe métallique.

La présente norme s'applique aux traversées fabriquées et commercialisées séparément. Il convient que les traversées qui font partie intégrante d'un appareillage, et qui ne peuvent être essayées selon la présente norme, soient essayées avec l'appareillage dont elles font partie.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent les dispositions valables pour la présente norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision, et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme Internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50(212): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

INSULATED BUSHINGS FOR ALTERNATING VOLTAGES ABOVE 1000 V

1 General

1.1 Scope

This International Standard specifies the characteristics and tests for insulated bushings.

This standard is applicable to bushings, as defined in clause 2, intended for use in electrical apparatus, machinery, transformers, switchgear and installations for three-phase alternating current systems, having rated voltages above 1000 V and power-frequencies of 15 Hz up to and including 60 Hz.

Special requirements and tests for transformer bushings in this standard apply also to reactor bushings.

This standard may also be used analogously for bushings for use in other than three-phase systems, e.g. for rectifiers, testing transformers, or for terminals for power cables (potheads) and capacitors. Such bushings should be subject to special agreement between purchaser and supplier.

This standard is not applicable to insulating structures similar to bushings, which are used as support insulators inside metal-enclosed switchgear.

This standard is applicable to bushings made and sold separately. Bushings which are a part of an apparatus and which cannot be tested according to this standard should be tested with the apparatus of which they form part.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties involved in agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50(212): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases*

CEI 50(471): 1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 471: Isolateurs*

CEI 59: 1938, *Courants normaux de la CEI*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 68-2-17: 1994, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Q: Étanchéité*

CEI 71-1: 1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 76-1: 1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 76-2: 1993, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Échauffement*

CEI 76-5: 1976, *Transformateurs de puissance – Cinquième partie: Tenue au court-circuit*

CEI 216-2: 1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Deuxième partie: Choix de critères d'essai*

CEI 233: 1974, *Essais des enveloppes isolantes destinées à des appareils électriques*

CEI 270: 1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 354: 1991, *Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile*

CEI 505: 1975, *Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique*

CEI 507: 1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 517: 1990, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 815: 1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 943: 1989, *Guide pour la spécification des températures et des échauffements admissibles pour les parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement.*

CEI 1264: 1994, *Enveloppes isolantes sous pression en matière céramique pour l'appareillage à haute tension*

IEC 50(471): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 471: Insulators*

IEC 59: 1938, *IEC standard current ratings*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 68-2-17: 1994, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 71-1: 1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 76-1: 1993, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 76-2: 1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 76-5: 1976, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 216-2: 1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 2: Choice of test criteria*

IEC 233: 1974, *Test on hollow insulators for use in electrical equipment*

IEC 270: 1981, *Partial discharge measurements*

IEC 354: 1991, *Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 505: 1975, *Guide for the evaluation and identification of insulation systems of electrical equipment*

IEC 507: 1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 517: 1990, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 815: 1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 943: 1989, *Guide for the selection of permissible temperature and temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

IEC 1264: 1994, *Ceramic pressurized hollow insulators for high-voltage switchgear and controlgear*

2 Définitions

En ce qui concerne les définitions des termes généralement utilisés dans la présente norme, il convient de se reporter à la CEI 50(471).

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

2.1 traversée: Dispositif permettant à un ou plusieurs conducteurs de passer à travers une paroi, telle qu'un mur ou une cuve, et isolant les conducteurs de celle-ci. Les moyens de fixation (bride ou autre dispositif de fixation) sur la paroi font partie de la traversée. [VEI 471-02-01 modifiée]

NOTES

- 1 Le conducteur peut faire partie intégrante de la traversée ou être amené dans le tube central de la traversée.
- 2 La traversée peut être des types prescrits de 2.2 à 2.20.

2.2 traversée à remplissage de liquide ou à remplissage de mélange: Traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli d'huile ou d'un mélange isolant.

2.3 traversée à isolation liquide: Traversée dont l'isolation principale est assurée par de l'huile ou par un autre isolant liquide.

2.4 traversée à remplissage de gaz: Traversée dont l'espace entre la surface intérieure de l'enveloppe isolante et l'isolation solide principale est rempli de gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

NOTE – Cette définition comprend les traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation isolée au gaz où le gaz du matériel est en communication avec celui de la traversée.

2.5 traversée à isolation gazeuse: Traversée dont l'isolation principale est assurée par un gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique.

NOTES

- 1 Cette définition comprend les traversées destinées à faire partie intégrante d'une installation à isolation gazeuse où le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée.
- 2 Une traversée qui comporte des matériaux isolants solides autres que l'enveloppe contenant le gaz (par exemple un support pour des couches conductrices ou un cylindre isolant) est une traversée à isolation composite (voir 2.12).

2.6 traversée imprégnée de gaz: Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier ou en film plastique et ensuite traité et imprégné d'un gaz (autre que l'air ambiant) à une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique, l'espace entre le corps et l'enveloppe isolante étant rempli du même gaz.

2.7 traversée en papier imprégnée d'huile (OIP): Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier ultérieurement traité et imprégné d'un liquide isolant, généralement d'huile de transformateur. Le corps est placé dans une enveloppe isolante, l'espace entre le corps et l'enveloppe isolante étant rempli du même liquide isolant que celui employé pour l'imprégnation.

2 Definitions

For the definitions of generally used terms in the present standard, reference should be made to IEC 50(471).

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

2.1 bushing: Device that enables one or several conductors to pass through a partition such as a wall or a tank, and insulates the conductors from it. The means of attachment (flange or fixing device) to the partition forms part of the bushing. [IEV 471-02-01, modified]

NOTES

- 1 The conductor may form an integral part of the bushing or be drawn into the central tube of the bushing.
- 2 The bushing may be of the types as prescribed in 2.2 to 2.20.

2.2 liquid-filled or compound-filled bushing: Bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with oil, or an insulating compound.

2.3 liquid-insulated bushing: Bushing in which the major insulation consists of oil or another insulating liquid.

2.4 gas-filled bushing: Bushing in which the space between the inside surface of the insulating envelope and the solid major insulation is filled with gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher.

NOTE – This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.

2.5 gas-insulated bushing: Bushing in which the major insulation consists of gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher.

NOTES

- 1 This definition includes bushings which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, the gas of the equipment being in communication with that of the bushing.
- 2 A bushing which contains solid insulating materials other than the envelope containing the gas (e.g. support for conducting layers or insulating cylinder), is a composite bushing (see 2.12).

2.6 gas-impregnated bushing: Bushing in which the major insulation consists of a core wound from paper or plastic film and subsequently treated and impregnated with gas (other than ambient air) at atmospheric pressure or higher, the space between the core and the insulating envelope being filled with the same gas.

2.7 oil-impregnated paper bushing (OIP): Bushing in which the major insulation consists of a core wound from paper and subsequently treated and impregnated with an insulating liquid, generally transformer oil. The core is contained in an insulating envelope, the space between the core and the insulating envelope being filled with the same insulating liquid as that used for impregnation.

2.8 traversée en papier enduit de résine (RBP): Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier enduit de résine. Lors de l'enroulement, chaque couche de papier est liée à la précédente par l'enduit de résine et la cohésion obtenue par le durcissement de la résine.

Une traversée en papier enduit de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire doit être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

2.9 traversée en papier imprégné de résine (RIP): Traversée dont l'isolation principale est assurée par un corps enroulé en papier non traité et ensuite imprégné de résine durcissable.

Une traversée en papier imprégné de résine peut comporter une enveloppe isolante. Dans ce cas, l'espace intermédiaire peut être rempli d'un isolant liquide ou d'un autre milieu isolant.

2.10 traversée en matière céramique, en verre ou en matière inorganique analogue: Traversée dont l'isolation principale est assurée par de la céramique, du verre ou par une matière inorganique analogue.

2.11 traversée à isolation en résine coulée ou moulée: Traversée dont l'isolation principale est assurée par une matière organique coulée ou moulée avec ou sans addition d'une charge en matière inorganique.

2.12 traversée à isolation composite: Traversée dont l'isolation principale est assurée par une association d'au moins deux isolants différents.

2.13 traversée à répartition capacitive: Traversée dans laquelle la répartition de tension souhaitée est obtenue par la disposition de couches conductrices ou semi-conductrices incorporées au matériau isolant. [VEI 471-02-02 modifiée]

2.14 traversée d'intérieur: Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique mais non soumises aux conditions atmosphériques extérieures. [VEI 471-02-03 modifiée]

NOTE - Cette définition comprend les traversées placées dans l'air à des températures supérieures à la température ambiante, comme cela existe pour les conducteurs sous gaine à isolation dans l'air.

2.15 traversée d'extérieur: Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique et soumises aux conditions atmosphériques extérieures. [VEI 471-02-04]

2.16 traversée d'extérieur-intérieur: Traversée dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique. Une extrémité est destinée à être soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre n'est pas destinée à y être soumise. [VEI 471-02-05 modifiée]

2.17 traversée immergée d'intérieur: Traversée dont l'une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant mais non soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple, huile ou gaz). [VEI 471-02-06]

2.8 resin-bonded paper bushing (RBP): Bushing in which the major insulation consists of a core wound from resin-coated paper. During the winding process, each paper layer is bonded to the previous layer by its resin coating and the bonding achieved by curing the resin.

A resin-bonded paper bushing can be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space shall be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

2.9 resin-impregnated paper bushing (RIP): Bushing in which the major insulation consists of a core wound from untreated paper and subsequently impregnated with a curable resin.

A resin-impregnated paper bushing can be provided with an insulating envelope, in which case the intervening space shall be filled with an insulating liquid or another insulating medium.

2.10 ceramic, glass or analogous inorganic material bushing: Bushing in which the major insulation consists of a ceramic, glass or analogous inorganic material.

2.11 cast or moulded resin-insulated bushing: Bushing in which the major insulation consists of a cast or moulded organic material with or without an inorganic filler.

2.12 composite bushing: Bushing in which the major insulation consists of a combination of at least two different insulating materials.

2.13 capacitance graded bushing: Bushing, in which a desired voltage grading is obtained by an arrangement of conducting or semiconducting layers incorporated into the insulating material. [IEV 471-02-02, modified]

2.14 indoor bushing: Bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure, but not exposed to outdoor atmospheric conditions. [IEV 471-02-03, modified]

NOTE – This definition includes bushings operating in air at temperatures above ambient, such as occur with air-insulated ducting.

2.15 outdoor bushing: Bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure and exposed to outdoor atmospheric conditions. [IEV 471-02-04]

2.16 outdoor-indoor bushing: Bushing, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure. One end is intended to be exposed to outdoor atmospheric conditions, and the other end not to be exposed to outdoor atmospheric conditions. [IEV 471-02-05, modified]

2.17 indoor-immersed bushing: Bushing, one end of which is intended to be in ambient air but not exposed to outdoor atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas). [IEV 471-02-06]

2.18 traversée immergée d'extérieur: Traversée dont l'une des extrémités est destinée à être dans l'air ambiant et soumise aux conditions atmosphériques extérieures et l'autre à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple, huile ou gaz). [VEI 471-02-07]

2.19 traversée immergée complètement: Traversée dont les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air ambiant (par exemple, huile ou gaz). [VEI 471-02-08 analogue]

2.20 traversée pour connecteur séparable (traversée de type embrochable): Traversée dont l'une des extrémités est immergée dans un milieu isolant et l'autre conçue pour recevoir un connecteur séparable de câble isolé sans lequel la traversée ne peut pas fonctionner.

2.21 tension assignée (U_T): Valeur assignée par le fabricant pour des conditions de service spécifiées d'une traversée. [VEI 151-04-03 analogue]

2.22 tension phase-terre assignée: Valeur efficace maximale de la tension que la traversée doit supporter en permanence entre son conducteur intérieur et sa bride ou autre dispositif de fixation mis à la terre, dans les conditions de service spécifiées dans l'article 4.

2.23 courant assigné (I_T): Valeur efficace maximale du courant par lequel le conducteur de la traversée peut être parcouru en service continu, dans les conditions de service spécifiées dans l'article 4, sans que l'échauffement excède les limites données dans le tableau 2.

2.24 courant thermique de courte durée assigné (I_{th}): Valeur efficace du courant symétrique que la traversée doit supporter thermiquement pendant la durée assignée (t_{th}), immédiatement après un service permanent au courant assigné, avec des températures maximales de l'air ambiant et des milieux d'immersion conformes à 4.3.

2.25 courant dynamique assigné (I_d): Valeur de crête du courant que la traversée doit supporter mécaniquement.

2.26 échauffement: Différence entre la température mesurée au point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec un matériau isolant et la température de l'air ambiant (voir 3.8).

2.27 fréquence assignée (f_f): Fréquence à laquelle la traversée est destinée à fonctionner. [voir le dictionnaire multilingue CEI de l'électricité, de l'électronique et des télécommunications]

2.28 pression minimale du gaz isolant: Pression minimale se référant aux 20 °C assignés par le fournisseur, à laquelle s'applique le niveau d'isolement assigné.

2.29 pression maximale interne de service du gaz: Pression, lorsque la traversée est en service et parcourue par le courant nominal, aux températures maximales, conformément à 4.3.

2.30 pression maximale externe de service du gaz: Pression maximale du milieu gazeux isolant dans lequel la traversée est partiellement ou totalement immergée lorsqu'elle est en service.

2.31 pression de calcul (de l'enveloppe): Pression utilisée pour déterminer l'épaisseur de l'enveloppe. [voir la CEI 517]

2.18 outdoor-immersed bushing: Bushing, one end of which is intended to be in ambient air and exposed to outdoor atmospheric conditions and the other end to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas). [IEV 471-02-07]

2.19 completely immersed bushing: Bushing, both ends of which are intended to be immersed in an insulating medium other than ambient air (e.g. oil or gas). [IEV 471-02-08 analogous]

2.20 bushing for separable connector (plug-in type bushing): Bushing, one end of which is immersed in an insulating medium and the other end designed to receive a separable insulated cable connector, without which the bushing cannot function.

2.21 rated voltage (U_r): Value assigned by the manufacturer for a specified operating condition of a bushing. [IEV 151-04-03 analogous]

2.22 rated phase-to-earth voltage: Maximum r.m.s. value of the voltage which the bushing shall withstand continuously between the conductor and the earthed flange or other fixing device, under the operating conditions specified in clause 4.

2.23 rated current (I_r): Maximum r.m.s. value of current which the bushing can carry continuously under the operating conditions specified in clause 4, without exceeding the temperature rise limits of table 2.

2.24 rated thermal short-time current (I_{th}): R.m.s. value of a symmetrical current which the bushing shall withstand thermally for the rated duration (t_{th}) immediately following continuous operation at rated current with maximum temperatures of ambient air and immersion media in accordance with 4.3.

2.25 rated dynamic current (I_d): Peak value of a current which the bushing shall withstand mechanically.

2.26 temperature rise: Difference between the measured temperature of the hottest spot of the metal parts of the bushing which are in contact with insulating material and the ambient air temperature (see 3.8).

2.27 rated frequency (f_r): Frequency at which the bushing is designed to operate (see IEC Multilingual Dictionary of Electricity, Electronics and Telecommunications).

2.28 minimum pressure of insulating gas: Minimum pressure, referenced to 20 °C, assigned by the supplier, at which the rated insulating level applies.

2.29 maximum internal operating gas pressure: Pressure when the bushing is in operation carrying rated current at the highest temperatures in accordance with 4.3.

2.30 maximum external operating gas pressure: Maximum pressure of the gaseous insulating medium in which the bushing is partially or completely immersed when in operation.

2.31 design pressure (of the enclosure): Pressure used to determine the thickness of the enclosure [see IEC 517].

2.32 débit de fuite des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse, à imprégnation gazeuse et à immersion gazeuse: Quantité de gaz sec, à une température donnée, s'échappant par une fuite par unité de temps et pour une différence de pression connue à travers la fuite (voir la CEI 68-2-17).

NOTE – L'unité de base SI pour le débit de fuite est le «pascal mètre cube par seconde ($\text{Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$)». Les unités dérivées « $\text{Pa} \times \text{cm}^3/\text{s}$ » et « $\text{bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$ » sont employées dans la présente norme, car elles sont davantage conformes aux ordres de grandeur utilisés dans la pratique industrielle courante. Il est rappelé que: $1 \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s} = 10^6 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s} = 10 \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$.

2.33 enveloppe isolante: Isolateur creux, ouvert de part en part, muni ou non d'ailettes. [VEI 471-01-17]

NOTE – Une enveloppe isolante peut être assurée par un dispositif d'isolation ou deux ou plusieurs dispositifs d'isolation assemblés en permanence.

2.34 ligne de fuite: Distance la plus courte, le long de la surface d'un isolateur, entre deux parties conductrices. [VEI 471-01-08]

NOTE – La surface du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties du corps isolant d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

2.35 distance d'arc: Plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service. [VEI 471-01-07]

NOTE – Le terme «distance d'arc à sec» est aussi utilisé.

2.36 prise de mesure: Connexion accessible de l'extérieur de la traversée, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des couches conductrices extérieures d'une traversée à répartition capacitive pour permettre des mesures du facteur de dissipation, de la capacité et des décharges partielles, lorsque la bride de la traversée est reliée à la terre. Cette connexion doit être mise directement à la terre lorsqu'elle n'est pas employée.

NOTE – Le terme «prise de $\tan \delta$ » est également utilisé.

2.37 prise de tension: Connexion accessible de l'extérieur de la traversée, isolée de la bride ou autre dispositif de fixation, reliée à une des couches conductrices extérieures d'une traversée à répartition capacitive de façon à obtenir une source de tension lorsque la traversée est en service. Cette connexion doit être mise directement à la terre lorsqu'elle n'est pas employée.

NOTES

1 Les termes «prise de potentiel» et «prise capacitive» sont également utilisés.

2 Cette prise peut être également employée pour mesurer le facteur de dissipation, la capacité et les décharges partielles.

2.38 tension assignée de la prise de tension: Tension maximale pour laquelle la prise est conçue en vue d'alimenter le matériel qui lui est associé, lorsqu'elle est connectée à la charge assignée et lorsque la traversée est soumise à sa tension phase-terre assignée, à la fréquence nominale.

2.32 leak rate of gas-filled, gas-insulated, gas-impregnated and gas-immersed bushings: Quantity of a dry gas at a given temperature that flows through a leak per unit of time and for a known difference of pressure across the leak (see IEC 68-2-17).

NOTE – The basic SI unit for leak rate is "pascal cubic metre per second ($\text{Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$)". The derived units " $\text{Pa} \times \text{cm}^3/\text{s}$ " and " $\text{bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$ " are used in this standard, as they better conform with the orders of magnitude used in common industrial practice. Note that: $1 \text{ Pa} \times \text{m}^3/\text{s} = 10^6 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s} = 10 \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$.

2.33 insulating envelope: Hollow insulator which is open from end to end, with or without sheds. [IEV 471-01-17]

NOTE – An insulating envelope may consist of one insulator unit or two or more permanently assembled insulator units.

2.34 creepage distance: Shortest distance along the surface of an insulator between two conductive parts. [IEV 471-01-08]

NOTE – The surface of cement or of any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

If high-resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surfaces and the distance over them is included in the creepage distance.

2.35 arcing distance: Shortest distance in air external to the insulator between metallic parts which normally have the operating voltage between them. [IEV 471-01-07]

NOTE – The terms "dry arcing distance" or "taut string distance" are also used.

2.36 test tap: Connection, accessible from outside the bushing, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to allow measurements of dissipation factor, capacitance and partial discharge whilst the flange of the bushing is earthed. This connection shall be earthed directly when it is not used.

NOTE – The terms measuring tap and $\tan \delta$ tap are also used.

2.37 voltage tap: Connection, accessible from outside the bushing, insulated from the flange or other fixing device, made to one of the outer conducting layers of a capacitance graded bushing in order to provide a voltage source whilst the bushing is in operation. This connection shall be earthed directly when it is not used.

NOTES

1 The terms potential tap and capacitance tap are also used.

2 This tap can also be used for the measurement of dissipation factor, capacitance and partial discharge.

2.38 rated voltage of the voltage tap: Maximum voltage at which the tap is designed to supply the associated equipment; with the rated load connected thereto, when the rated phase-to-earth voltage is applied to the bushing at the rated frequency.

3 Caractéristiques assignées

3.1 Valeurs normalisées de la tension assignée (U_T)

Les valeurs de U_T d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , définies dans la CEI 38 et dans la CEI 71-1 et indiquées ci-après, en kilovolts:

3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 - 52 - 72,5 - 100 - 123 - 145 - 170 - 245 - 300 - 362 - 420 - 525 - 765.

3.2 Valeurs normalisées du courant assigné (I_T)

Les valeurs de I_T d'une traversée doivent être choisies parmi les valeurs normalisées suivantes, indiquées en ampères:

100 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1 000 - 1 250 - 1 600 - 2 000 - 2 500 - 3 150 - 4 000 - 5 000 - 6 300 - 8 000 - 10 000 - 12 500 - 16 000 - 20 000 - 25 000 - 31 500 - 40 000.

Cette série est conforme aux valeurs indiquées dans la CEI 59.

Dans le cas des traversées pour transformateurs avec le conducteur dans le tube central, le fournisseur doit indiquer la valeur de la section et le matériau du conducteur correspondant à I_T indiqués en 3.8.

On considère que les traversées pour transformateurs dont I_T est au moins égal à 120 % du courant assigné du transformateur sont capables de supporter des surcharges conformes à la CEI 354 sans avoir recours à d'autres éclaircissements ou essais.

3.3 Valeurs normalisées du courant thermique de courte durée assigné (I_{th})

La valeur normalisée de I_{th} doit être de 25 fois I_T , t_{th} étant de 1 s. Pour les traversées dont la valeur de I_T est égale ou supérieure à 4 000 A, I_{th} doit toujours être de 100 kA.

Pour les traversées destinées aux transformateurs, t_{th} doit toujours être de 2 s, selon la CEI 76-5.

NOTE – Pour les durées de t_{th} autres que 1 s, la relation temps-courant est supposée correspondre à:

$$I_{th}^2 \times t_{th} = \text{constante}$$

3.4 Valeurs normalisées du courant dynamique assigné (I_d)

La valeur normalisée de I_d doit avoir une amplitude de la première crête égale à 2,5 fois la valeur de I_{th} indiquée en 3.3.

NOTE – Dans certains cas, des valeurs supérieures à 2,5 fois la valeur de I_{th} indiquée en 3.3 peuvent être nécessaires en fonction des caractéristiques du transformateur. Le fabricant du transformateur doit stipuler de telles conditions dans les informations à fournir lors des commandes (voir 5.1.3.6).

3.5 Valeurs minimales de la tenue à la flexion

La traversée doit supporter les valeurs de flexion données dans le tableau 1, niveau I ou II (voir 5.1.3.8). Le niveau I est une flexion normale et est généralement appliqué, sauf si l'acheteur spécifie une flexion plus sévère de niveau II.

3 Ratings

3.1 Standard values of rated voltage (U_r)

The values of U_r of a bushing shall be chosen from the standard values of the highest voltage for equipment, U_m , defined in IEC 38 and IEC 71-1 as given below, in kilovolts:

3,6 - 7,2 - 12 - 17,5 - 24 - 36 - 52 - 72,5 - 100 - 123 - 145 - 170 - 245 - 300 - 362 - 420 - 525 - 765.

3.2 Standard values of rated current (I_r)

The values of I_r of a bushing shall be chosen from the standard values as given below, in amperes:

100 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1 000 - 1 250 - 1 600 - 2 000 - 2 500 - 3 150 - 4 000 - 5 000 - 6 300 - 8 000 - 10 000 - 12 500 - 16 000 - 20 000 - 25 000 - 31 500 - 40 000.

The above series of currents are in accordance with the values indicated in IEC 59.

In the case of transformer bushings with the conductor drawn into the central tube, the supplier shall indicate the value of the cross-section, and material of the conductor which correspond to I_r in accordance with 3.8.

Bushings for transformers selected with I_r not less than 120 % of rated current of the transformer are considered to be able to withstand the overload conditions according to IEC 354 without further clarification or tests.

3.3 Standard values of rated thermal short-time current (I_{th})

The standard value of I_{th} shall be 25 times I_r , t_{th} being 1 s. For bushings with I_r equal to or greater than 4 000 A, I_{th} shall always be 100 kA.

For transformer bushings t_{th} shall always be 2 s, with reference to IEC 76-5.

NOTE – For durations of t_{th} other than 1 s, the relationship between current and time is assumed to be in accordance with

$$I_{th}^2 \times t_{th} = \text{constant}$$

3.4 Standard values of rated dynamic current (I_d)

The standard value of I_d shall have an amplitude of the first peak of 2,5 times the value of I_{th} in accordance with 3.3.

NOTE – In some cases, values greater than 2,5 times the value of I_{th} indicated in 3.3 may be necessary with respect to the transformer characteristics. The transformer manufacturer shall stipulate such requirements in the bushing ordering information (see 5.1.3.6).

3.5 Minimum withstand values of cantilever load

The bushings shall withstand the cantilever load given in table 1, level I or II (see 5.1.3.8). Level I is normal load and shall be generally applied unless a purchaser specifies a heavy load of level II.

3.6 Angle de montage

Toutes les traversées doivent être conçues pour un montage avec un angle d'inclinaison ne dépassant pas 30° par rapport à la verticale. Tout autre angle de montage doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le vendeur (voir également 5.1.4.11).

3.7 Valeurs nominales minimales de la ligne de fuite

Sauf accord entre acheteur et vendeur ou à moins d'une démonstration par essai, la ligne de fuite indiquée dans la CEI 815 est déterminée par:

$$d_{cs} \text{ (mm/kV)} \times U_r \text{ (kV)} \times k_D$$

où

d_{cs} est la valeur nominale minimale de la ligne de fuite unitaire, dont les valeurs pour les différents niveaux de pollution sont:

- I pollution légère: 16 mm/kV
- II pollution moyenne: 20 mm/kV
- III pollution forte: 25 mm/kV
- IV pollution très forte: 31 mm/kV

k_D est le facteur de correction dépendant du diamètre moyen D_m de l'isolateur, dont les classes sont:

- < 300 mm: $k_D = 1$
- 300 mm à 500 mm: $k_D = 1,1$
- > 500 mm: $k_D = 1,2$

D_m doit être déterminé conformément à la CEI 815.

Si des essais sous pollution artificielle sont nécessaires, ils doivent être effectués conformément à la CEI 507.

NOTE – La valeur réelle de la ligne de fuite peut s'écarter de la valeur nominale en fonction des tolérances de fabrication définies dans la CEI 233, article 7.

3.8 Limites de température et échauffements

Les limites de température des pièces métalliques en contact avec le matériau isolant durant les conditions de service normales sont les suivantes:

- 120 °C pour le papier enduit de résine ou imprégné de résine: classe E
- 105 °C pour le papier imprégné d'huile: classe A.

L'échauffement par rapport à la température maximale journalière moyenne de l'air ambiant indiquée en 4.3 (30 °C), du point le plus chaud, ne doit pas dépasser les valeurs données dans le tableau 2. Dans le cas d'autres matériaux isolants, les limites de température doivent être spécifiées par le fournisseur. Référence doit être faite à la CEI 216-2 et à la CEI 505.

Pour les raccords d'extrémité des traversées et les connexions, les limites d'échauffement sont également données dans le tableau 2.

Les traversées faisant partie intégrante d'un matériel, tel que l'appareillage ou les transformateurs, doivent répondre aux prescriptions thermiques du matériel considéré. Pour les traversées de transformateurs, référence doit être faite à 3.2.

3.6 Angle of mounting

All bushings shall be designed for mounting at any angle of inclination not exceeding 30° from the vertical. Any other angle of mounting shall be subject to agreement between purchaser and supplier (see also 5.1.4.11).

3.7 Minimum nominal creepage distance

Unless otherwise agreed between purchaser and supplier, or demonstrated by a test, the creepage distance in accordance with IEC 815 is determined by

$$d_{cs} \text{ (mm/kV)} \times U_r \text{ (kV)} \times k_D$$

where

d_{cs} is the minimum nominal specific creepage distance, the values of which for the various pollution levels are:

- I light: 16 mm/kV
- II medium: 20 mm/kV
- III heavy: 25 mm/kV
- IV very heavy: 31 mm/kV

k_D is the correction factor depending on the averaged diameter D_m of the insulator, the classes of which are:

- <300 mm: $k_D = 1$
- 300 to 500 mm: $k_D = 1,1$
- >500 mm: $k_D = 1,2$

D_m shall be determined in accordance with IEC 815.

If artificial pollution tests are required they shall be performed in accordance with IEC 507.

NOTE – The actual value of creepage distance can differ from the nominal one by the manufacturing tolerances stated in IEC 233, clause 7.

3.8 Temperature limits and temperature rise

The temperature limits of metal parts in contact with insulating material under normal operating conditions, are:

- 120 °C for resin-bonded and resin-impregnated paper: class E;
- 105 °C for oil-impregnated paper: class A.

The temperature rise above maximum daily mean ambient air temperature in accordance with clause 4.3 (30 °C) of the hottest spot shall not exceed the values given in table 2. In the case of other insulating materials, the temperature limits shall be stated by the supplier. Reference shall be made to IEC 216-2 and IEC 505.

For bushing terminals and connections, the temperature rises are also given in table 2.

Bushings used as an integral part of apparatus, such as switchgear or transformers, shall meet the thermal requirements for the relevant apparatus. For transformer bushings, reference shall be made to 3.2.

Pour les joints qui sont en contact avec des parties métalliques, une attention particulière doit être observée quant à l'aptitude du matériau à supporter les échauffements.

3.9 Niveaux d'isolement normalisés

Les valeurs normalisées du niveau d'isolement d'une traversée dont U_r est inférieure à 300 kV doivent être choisies parmi les valeurs indiquées dans le tableau 7.

Les valeurs normales du niveau d'isolement d'une traversée dont U_r est égale ou supérieure à 300 kV doivent être choisies parmi les valeurs données dans le tableau 8.

Les valeurs normalisées spécifiées des niveaux d'isolement sont conformes à la CEI 71-1.

3.10 Prise de mesure des traversées pour transformateurs

Une prise de mesure conforme à 2.36 doit être fournie sur les traversées dont U_r est égale ou supérieure à 72,5 kV. En vue de permettre les mesures des décharges partielles sur les transformateurs, la prise de mesure doit avoir au maximum:

- une capacité par rapport à la terre de 5 000 pF;
- un facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) de 0,05 mesuré à fréquence industrielle.

Il peut être convenu entre fournisseur et acheteur que la valeur maximale de la capacité par rapport à la terre de la prise de mesure soit plus faible (voir 5.1.3.9).

La traversée ne doit pas comprendre de capacités importantes à la terre qui pourraient dériver les courants dus aux décharges partielles et rendre ainsi les mesures de décharges partielles sur les transformateurs incorrectes ou trompeuses.

4 Conditions de service

4.1 Surtensions temporaires

La tension maximale phase-terre peut dépasser U_r divisée par $\sqrt{3}$. Pour les durées ne dépassant pas 8 h par période de 24 h et dont la durée totale ne dépasse pas 125 h par an, les traversées doivent pouvoir supporter une tension phase-terre de:

- U_r pour les traversées dont U_r est égale ou inférieure à 170 kV;
- $0,8 U_r$ pour les traversées dont U_r est supérieure à 170 kV.

Dans les réseaux où des surtensions supérieures à cette valeur peuvent se présenter, il est conseillé de choisir une traversée ayant U_r plus élevée.

4.2 Altitude

Bien que le niveau d'isolement se réfère au niveau de la mer, les traversées qui correspondent à la présente norme sont prévues pour être utilisées à toute altitude n'excédant pas 1 000 m. Pour s'assurer que les tensions de tenue extérieures seront suffisantes aux altitudes supérieures à 1 000 m, il faut augmenter la distance d'arc par rapport à celle prévue normalement. Il n'est pas nécessaire de modifier l'épaisseur radiale de l'isolation, ni la dimension de l'extrémité immergée. La tension de perforation et la tension de contournement dans le milieu d'immersion d'une traversée ne sont pas affectées par l'altitude.

For gaskets in contact with metallic parts, special attention shall be paid to the ability of the material to withstand the temperature rise.

3.9 *Standard insulation levels*

The standard values of insulation level of a bushing having U_r less than 300 kV are to be chosen from the values given in table 7.

The standard values of insulation level of a bushing having U_r equal to or greater than 300 kV are to be chosen from values given in table 8.

The specified standard values of insulation level are in accordance with IEC 71-1.

3.10 *Test tap on transformer bushings*

A test tap according to 2.36 shall be provided on transformer bushings of U_r equal to or greater than 72,5 kV. In view of its use for partial discharge measurements on transformers, the values for the test tap shall not exceed:

- a capacitance to earth of 5 000 pF;
- a dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) of 0,05 measured at power-frequency.

A lower maximum value of test tap capacitance to earth may be agreed between purchaser and supplier (see 5.1.3.9).

The bushing shall not incorporate substantial capacitances to earth which may divert the partial discharge current and so give rise to incorrect or misleading partial discharge measurements on the transformer.

4 **Operating conditions**

4.1 *Temporary overvoltages*

The maximum phase-to-earth voltage of the system may exceed U_r divided by $\sqrt{3}$. For periods not exceeding 8 h in any 24 h, and of which the total period does not exceed 125 h per year, bushings shall be able to operate phase-to-earth at a voltage of:

- U_r for bushings of which U_r is equal to or less than 170 kV;
- $0,8 U_r$ for bushings of which U_r is greater than 170 kV.

For systems in which overvoltages in excess of this may occur, it is advisable to choose a bushing with a higher U_r .

4.2 *Altitude*

Although the insulation level refers to sea level, bushings corresponding to this standard are declared suitable for operation at any altitude not exceeding 1000 m. In order to ensure that the external withstand voltages of the bushing are sufficient at altitudes exceeding 1 000 m, the arcing distance normally required shall be increased by a suitable amount. It is not necessary to adjust the radial thickness of insulation or the clearance of the immersed end. The puncture strength and the flashover voltage in the immersion medium of a bushing are not affected by altitude.

Par suite des limitations imposées par la tension de perforation et la tension de contournement dans le milieu d'immersion, il n'est pas toujours possible de vérifier l'efficacité de cette augmentation de la distance d'arc en effectuant des essais à une altitude inférieure à celle de service. Dans un tel cas, le fournisseur doit démontrer, par l'importance de l'augmentation de la distance d'arc, que la traversée est appropriée.

En règle générale, à partir de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer et jusqu'à 3 000 m maximum, la distance d'arc nécessaire au niveau de la mer peut être augmentée de 1,0 % par tranche de 100 m.

EXEMPLE – Altitude du lieu d'installation 2 800 m:

Augmentation de la distance d'arc

$$1\% \times \frac{2\,800\text{ m} - 1\,000\text{ m}}{100\text{ m}} = 18\%$$

4.3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion

Les traversées doivent être conçues pour être utilisées à des températures qui ne dépassent pas les limites données dans le tableau 3 (voir 5.1.4.3).

La condensation d'humidité à la surface de la partie de la traversée située à l'intérieur doit être évitée, si nécessaire par ventilation ou préchauffage.

5 Renseignements à fournir lors des commandes et marques d'identification

5.1 Énumération des caractéristiques

Lors de la commande, l'acheteur doit fournir les renseignements ci-après nécessaires, ainsi que toute autre information utile pour déterminer clairement les caractéristiques exigées.

5.1.1 Utilisation

Utilisation, y compris le type de matériel auquel la traversée est destinée et la norme CEI correspondant à ce matériel.

Il convient également d'attirer l'attention sur les caractéristiques (y compris les essais) de l'appareil complet lorsque celles-ci peuvent influencer sur la construction de la traversée (voir 6.3).

5.1.2 Classification des traversées

Classification selon 2.2 à 2.20.

5.1.3 Caractéristiques assignées

5.1.3.1 Tension assignée (U_r) (voir 2.21)

5.1.3.2 Tension phase-terre assignée (voir 2.22)

5.1.3.3 Niveau d'isolement normalisé (voir 3.9) et, si nécessaire, niveau induit et/ou appliqué de la tension d'essai du transformateur (voir 8.3)

5.1.3.4 Courant assigné (I_r) (voir 2.23)

5.1.3.5 Courant thermique de courte durée assigné (I_{th}) et durée assignée (t_{th}), s'ils sont différents des valeurs indiquées en 3.3

5.1.3.6 Courant dynamique assigné (I_d), s'il est différent de la valeur indiquée en 3.4

5.1.3.7 Fréquence assignée (voir 2.27)

5.1.3.8 Valeur minimale de la charge de tenue à la flexion, conformément à 3.5

Owing to the limitations of puncture strength and flashover voltage in the immersion medium, it may not always be possible to check the adequacy of the increased arcing distance by actual tests at any altitude lower than that of operation. In such a case the supplier shall demonstrate, by the amount of increase of the arcing distance, that the bushing is adequate.

For general guidance, an increase of 1,0 % of the arcing distance necessary at sea level for each 100 m in excess of 1 000 m up to a maximum of 3 000 m above sea level should be applied.

EXAMPLE – Altitude of installation 2800 m:

Increase in arcing distance

$$1\% \times \frac{2\,800\text{ m} - 1\,000\text{ m}}{100\text{ m}} = 18\%$$

4.3 Temperature of ambient air and immersion media

Bushings shall be designed for operation at temperatures not exceeding the limits given in table 3 (see 5.1.4.3).

Moisture condensation on the surface of the indoor part of the bushing is to be prevented, if necessary by ventilation or heating.

5 Ordering information and markings

5.1 Enumeration of characteristics

When ordering, the purchaser shall furnish as much of the following information as necessary, as well as any additional information needed to determine clearly the required characteristics.

5.1.1 Application

Application, including type of apparatus for which the bushing is intended and the corresponding IEC apparatus standard.

Attention shall be drawn to any features (including tests) of the completed apparatus which may affect the design of the bushing (see 6.3).

5.1.2 Classification of bushings

Classification according to 2.2 to 2.20.

5.1.3 Ratings

5.1.3.1 Rated voltage (U_r) (see 2.21)

5.1.3.2 Rated phase-to-earth voltage (see 2.22)

5.1.3.3 Standard insulation level (see 3.9) and if necessary the induced and/or applied test voltage level of the transformer (see 8.3)

5.1.3.4 Rated current (I_r) (see 2.23)

5.1.3.5 Rated thermal short-time current (I_{th}) and rated duration (t_{th}), if deviating from the values given in 3.3

5.1.3.6 Rated dynamic current (I_d), if deviating from the value given in 3.4

5.1.3.7 Rated frequency (see 2.27)

5.1.3.8 Minimum withstand values of cantilever load in accordance with 3.5

- 5.1.3.9 Valeur maximale de la capacité de la prise de mesure, conformément à 3.10, si une valeur inférieure est nécessaire.
- 5.1.4 Conditions de service
 - 5.1.4.1 Surtensions temporaires, s'il y a lieu (voir 4.1)
 - 5.1.4.2 Altitude, si elle est supérieure à 1 000 m (voir 4.2) (ne s'applique qu'aux traversées d'intérieur et d'extérieur conformes à 2.14 à 2.18)
 - 5.1.4.3 Température de l'air ambiant et des milieux d'immersion, si elle est différente des valeurs normales (voir 4.3 et tableau 3) (s'applique aux traversées conformes à 2.14 à 2.20)
 - 5.1.4.4 Type du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 2.17 à 2.20)
 - 5.1.4.5 Niveau minimal du milieu d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 2.17 à 2.20)
 - 5.1.4.6 Pression maximale de service des milieux d'immersion (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 2.17 à 2.20)
 - 5.1.4.7 Type de gaz isolant (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 2.4 à 2.6 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée)
 - 5.1.4.8 Pression minimale du gaz isolant (voir 2.28) (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 2.4 à 2.6 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée)
 - 5.1.4.9 Pression maximale de service interne du gaz (voir 2.29) (ne s'applique qu'aux traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 2.4 à 2.6 lorsque le gaz de l'installation est en communication avec celui de la traversée)
 - 5.1.4.10 Pression maximale de service externe du gaz (voir 2.30) (ne s'applique qu'aux traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 2.17 à 2.19)
 - 5.1.4.11 Angle de montage, si celui-ci dépasse les valeurs normales (voir 3.6)
 - 5.1.4.12 Ligne de fuite nominale minimale (voir 3.7) (ne s'applique qu'à la partie extérieure des traversées conformes à 2.15, 2.16 et 2.18)
 - 5.1.4.13 Conditions climatiques inhabituelles (températures chaudes et froides extrêmes, humidité tropicale, contamination sévère)
- 5.1.5 Construction
 - 5.1.5.1 Pour des traversées livrées sans conducteur: diamètre, type (câble, tige pleine ou creuse), matériau et position du conducteur dont la traversée sera munie en service
 - 5.1.5.2 Conditions dimensionnelles particulières, s'il y a lieu
 - 5.1.5.3 Essai de la prise de mesure ou de tension, s'il y a lieu (voir 2.36 et 2.37)
 - 5.1.5.4 Longueur du manchon mis à la terre adjacent à la bride ou autre dispositif de fixation, s'il y a lieu
 - 5.1.5.5 Renseignements généraux concernant la position de la traversée par rapport aux parties mises à la terre de l'appareil auquel la traversée est destinée (voir 6.1)
 - 5.1.5.6 Montage ou non d'éclateurs
 - 5.1.5.7 Prescriptions particulières pour la protection contre la corrosion des pièces métalliques
 - 5.1.5.8 Niveau de l'huile dans le tube central d'une traversée de transformateur, s'il est inférieur au tiers de la hauteur de la partie extérieure (voir 7.5)
 - 5.1.5.9 Présence d'un clapet de prélèvement d'huile.

5.2 Marques d'identification

Toute traversée dont U_r est supérieure à 100 kV doit porter les indications suivantes. Pour les traversées dont U_r est égale ou inférieure à 100 kV, les marques d'identification indiquées en 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 et 5.2.5 sont suffisantes. Pour les marques d'identification des traversées conformes à l'article 9, voir 9.3.

- 5.1.3.9 Maximum value of test tap capacitance in accordance with 3.10, if a lower value is necessary
- 5.1.4 Operating conditions
 - 5.1.4.1 Temporary overvoltages, if applicable (see 4.1)
 - 5.1.4.2 Altitude, if exceeding 1000 m (see 4.2) (relevant only to indoor and outdoor bushings according to 2.14 to 2.18)
 - 5.1.4.3 Ambient air and immersion media temperature if deviating from normal values (see 4.3 and table 3) (relevant to bushings according to 2.14 to 2.20)
 - 5.1.4.4 Type of immersion medium (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 2.17 to 2.20)
 - 5.1.4.5 Minimum level of immersion medium (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 2.17 to 2.20)
 - 5.1.4.6 Maximum operating pressure of immersion media (relevant only to partly or completely immersed bushings according to 2.17 to 2.20)
 - 5.1.4.7 Type of insulating gas (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 2.4 to 2.6 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing)
 - 5.1.4.8 Minimum pressure of insulating gas (see 2.28) (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 2.4 to 2.6 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing)
 - 5.1.4.9 Maximum internal operating gas pressure (see 2.29) (relevant only to gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 2.4 to 2.6 when the gas of the equipment is in communication with that of the bushing)
 - 5.1.4.10 Maximum external operating gas pressure (see 2.30) (relevant only to partly or completely gas-immersed bushings according to 2.17 to 2.19)
 - 5.1.4.11 Angle of mounting if exceeding the standard values (see 3.6)
 - 5.1.4.12 Minimum nominal specific creepage distance (see 3.7) (relevant only to the outdoor part of bushings according to 2.15, 2.16 and 2.18)
 - 5.1.4.13 Unusual climatic conditions (extreme high and low temperatures, tropical humidity, severe contamination).
- 5.1.5 Design
 - 5.1.5.1 For bushings supplied without a conductor: diameter, type (cable, solid or hollow stem), material and position of the conductor with which the bushing will be fitted in operation
 - 5.1.5.2 Particular dimensional requirements, if any
 - 5.1.5.3 Test tap or voltage tap if required (see 2.36 and 2.37)
 - 5.1.5.4 The length of earthed sleeve located next to the flange or other fixing device, if any
 - 5.1.5.5 General information concerning the position of the bushing in relation to the earthed parts of the apparatus for which the bushing is foreseen (see 6.1)
 - 5.1.5.6 Whether protective gaps are to be fitted or not
 - 5.1.5.7 Special requirements for corrosion protection of metallic parts
 - 5.1.5.8 Oil level in central tube of a transformer bushing with the conductor drawn into the central tube, if lower than 1/3 of the height of the external part (see 7.5)
 - 5.1.5.9 Provision of an oil sample valve.

5.2 Markings

Each bushing of U_r greater than 100 kV shall carry the following markings. For bushings of U_r equal to or less than 100 kV markings according to 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 and 5.2.5 are sufficient. Markings for bushings according to clause 9, see 9.3.

- 5.2.1 Nom ou marque du fournisseur
- 5.2.2 Année de fabrication et numéro de série
- 5.2.3 Tension assignée (U_T) (voir 2.21) ou tension phase-terre assignée (voir 2.22) et fréquence assignée (voir 2.27)
- 5.2.4 Tensions de tenue au choc de foudre (BIL) et au choc de manœuvre (SIL) ou à fréquence industrielle (voir 3.9)
- 5.2.5 Courant assigné (I_T) (voir 2.23). Si la traversée est fournie sans conducteur, le courant de service maximal doit être indiqué
- 5.2.6 Type de gaz isolant et pression minimale (voir 2.28 et 5.1.4.7), s'il y a lieu
- 5.2.7 Masse, si elle est supérieure à 100 kg
- 5.2.8 Angle de montage maximum, s'il dépasse 30° par rapport à la verticale (voir 3.6).

Des exemples de plaques de marquage sont donnés dans les figures 1 et 2.

6 Conditions d'exécution des essais

6.1 Conditions générales

Tous les essais doivent être effectués selon la publication adéquate de la CEI à laquelle il est fait référence dans l'article particulier. Dans la mesure où les essais sur des enveloppes isolantes en céramique sont applicables, voir la CEI 233.

Tous les essais de haute tension conformes à 7.1, 7.2, 7.3, 8.2 et 8.3 doivent être conduits selon la CEI 60-1.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit présenter un certificat détaillé relatif aux essais de type. Les essais doivent avoir été effectués sur des traversées dont la construction ne diffère de celle offerte à l'acheteur en aucune façon qui puisse améliorer les caractéristiques à vérifier pour un essai de type. La répétition d'un essai de type n'est obligatoire que lorsqu'elle est spécifiée dans un contrat déterminé.

A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit donner toute information concernant les distances d'isolement minimales par rapport aux parties mises à la terre dans la disposition de service.

Les valeurs des tensions applicables pour les essais de tenue effectués sur des traversées sortant de fabrication sont celles qui sont indiquées dans les tableaux 7, 8 et 9. Dans le cas des traversées qui ont été en service, les valeurs des tensions des essais individuels de tenue doivent être réduites à 85 % de celles qui sont indiquées dans les tableaux.

Les traversées ne doivent pas être endommagées par suite des contournements admissibles dans l'air lors des essais décrits en 7.1, 7.2, 7.3, 8.2 et 8.3 mais de légères traces restant sur la surface en porcelaine des parties isolantes sont acceptables.

Une définition des termes «contournement» et «perforation» est donnée dans la CEI 50(212), respectivement en 212-01-37 et 212-01-38.

6.2 Classification des essais

Pour les traversées de tension assignée inférieure ou égale à 52 kV et qui sont utilisées dans les installations de distribution, voir l'article 9. Pour les autres traversées, les essais ayant pour but de vérifier les qualités diélectriques, thermiques et mécaniques comprennent:

- 5.2.1 Supplier's name or trade mark
- 5.2.2 Year of manufacture and serial number
- 5.2.3 Rated voltage (U_r) (see 2.21) or rated phase-to-earth voltage (see 2.22) and rated frequency (see 2.27)
- 5.2.4 Lightning impulse (BIL) and switching impulse (SIL) or power-frequency withstand test voltages (AC) (see 3.9)
- 5.2.5 Rated current (I_r) (see 2.23). If the bushing is supplied without conductor, the maximum operating current shall be indicated
- 5.2.6 Type of insulating gas and minimum pressure (see 2.28 and 5.1.4.7), if applicable
- 5.2.7 Mass if above 100 kg
- 5.2.8 Maximum angle of mounting if exceeding 30° from vertical (see 3.6).

Examples of marking plates see figures 1 and 2.

6 Test requirements

6.1 General requirements

All tests shall be carried out in accordance with the relevant IEC publication referred to in the particular clause. Tests on insulating envelopes of ceramic material shall be carried out in accordance with IEC 233.

All high-voltage tests, in accordance with 7.1, 7.2, 7.3, 8.2 and 8.3 shall be carried out in accordance with IEC 60-1.

The supplier shall provide a detailed type test certificate at the request of the purchaser. The tests shall have been carried out on bushings of a design that does not differ from that offered to the purchaser in any way that may improve the features to be checked by a type test. Repetition of a type test is only mandatory when specified in a particular contract.

At the request of the purchaser, the supplier shall furnish any information concerning the minimum clearances to earthed parts in the operating arrangement.

The values of the applicable withstand test voltages for newly manufactured bushings are indicated in tables 7, 8 and 9. For bushings which have been in operation, the routine withstand test voltages shall be reduced to 85 % of the values indicated in the tables.

The bushings shall not be damaged by the tolerated flashover in air when tested in accordance with 7.1, 7.2, 7.3, 8.2 and 8.3, but slight marks remaining on the surface of the porcelain insulating parts are acceptable.

A definition of the terms "flashover" and "puncture" is given in IEC 50(212), 212-01-37 and 212-01-38 respectively.

6.2 Test classification

For bushings of rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation, see clause 9. For other bushings, tests to check dielectric, thermal and mechanical properties of bushings comprise:

- 6.2.1 Essais de type
 - 6.2.1.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (voir 7.1)
 - 6.2.1.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (voir 7.2)
 - 6.2.1.3 Essai de tenue à la tension de choc de manœuvre à sec ou sous pluie (voir 7.3)
 - 6.2.1.4 Essai de stabilité thermique (voir 7.4)
 - 6.2.1.5 Essai d'échauffement (voir 7.5)
 - 6.2.1.6 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée (voir 7.6)
 - 6.2.1.7 Essai de tenue à la flexion (voir 7.7)
 - 6.2.1.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide ou de mélange et à isolation liquide (voir 7.8)
 - 6.2.1.9 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz (voir 7.9)
 - 6.2.1.10 Essai de pression externe des traversées partiellement ou totalement immergées dans un gaz (voir 7.10)
 - 6.2.1.11 Vérification des dimensions (voir 7.11)
- 6.2.2 Essais individuels
 - 6.2.2.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité à la température ambiante (voir 8.1)
 - 6.2.2.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (voir 8.2)
 - 6.2.2.3 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 8.3)
 - 6.2.2.4 Mesure de l'intensité des décharges partielles (voir 8.4)
 - 6.2.2.5 Essais de l'isolement des prises (voir 8.5)
 - 6.2.2.6 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse ou imprégnées de gaz (voir 8.6)
 - 6.2.2.7 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide et à isolation liquide (voir 8.7)
 - 6.2.2.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz (voir 8.8)
 - 6.2.2.9 Essai d'étanchéité de la bride ou autres dispositifs de fixation (voir 8.9)
 - 6.2.2.10 Examen visuel et vérification des dimensions (voir 8.10).

Les tableaux 10 à 13 montrent l'applicabilité des essais aux différents types de traversées.

6.3 Etat des traversées lors des essais diélectriques et thermiques

Durant tous les essais, la température de l'air ambiant et des milieux d'immersion, s'il y en a, doit être comprise entre 10 °C et 40 °C. Les essais diélectriques et thermiques ne doivent être effectués que sur des traversées complètes avec leurs brides ou autres dispositifs de fixation et tous les accessoires dont elles sont munies en service, sans les éclateurs de protection, s'il y en a. Les prises de mesure et de tension doivent être mises à la terre ou maintenues à un potentiel voisin de la terre.

Les traversées à remplissage et à isolation de liquide conformes à 2.2 et 2.3 doivent être remplies au niveau normal avec l'isolant liquide de la qualité spécifiée par le fournisseur.

Les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 2.4, 2.5 et 2.6 doivent être remplies avec le type de gaz isolant spécifié par le fournisseur et portées à la pression minimale conforme à 2.28, à la température de référence de 20 °C. Si, au commencement de l'essai, la température est différente de 20 °C, la pression doit être modifiée en conséquence.

Les traversées partiellement ou totalement immergées correspondant à 2.17, 2.18 et 2.19 doivent normalement être immergées dans un milieu d'immersion aussi voisin que possible de celui qui est employé en service normal. Les autres milieux doivent faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

- 6.2.1 Type tests
 - 6.2.1.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test (see 7.1)
 - 6.2.1.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (see 7.2)
 - 6.2.1.3 Dry or wet switching impulse voltage withstand test (see 7.3)
 - 6.2.1.4 Thermal stability test (see 7.4)
 - 6.2.1.5 Temperature rise test (see 7.5)
 - 6.2.1.6 Verification of thermal short-time current withstand (see 7.6)
 - 6.2.1.7 Cantilever load withstand test (see 7.7)
 - 6.2.1.8 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings (see 7.8)
 - 6.2.1.9 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 7.9)
 - 6.2.1.10 External pressure test on partly or completely gas-immersed bushings (see 7.10)
 - 6.2.1.11 Verification of dimensions (see 7.11).
- 6.2.2 Routine tests
 - 6.2.2.1 Measurement of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance at ambient temperature (see 8.1)
 - 6.2.2.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (see 8.2)
 - 6.2.2.3 Dry power-frequency voltage withstand test (see 8.3)
 - 6.2.2.4 Measurement of partial discharge quantity (see 8.4)
 - 6.2.2.5 Tests of tap insulation (see 8.5)
 - 6.2.2.6 Internal pressure test of gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 8.6)
 - 6.2.2.7 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings (see 8.7)
 - 6.2.2.8 Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings (see 8.8)
 - 6.2.2.9 Tightness test at the flange or other fixing device (see 8.9)
 - 6.2.2.10 Visual inspection and dimensional check (see 8.10).

Tables 10 to 13 show the applicability of the tests to the various types of bushings.

6.3 Condition of bushings during dielectric and thermal tests

During all tests, the temperature of the ambient air and immersion media, if any, shall be between 10 °C and 40 °C. Dielectric and thermal tests shall be carried out only on bushings complete with their fixing flanges or other fixing devices, and all accessories with which they will be fitted when in use, but without protective arcing gaps, if any. Test taps and voltage taps shall be either earthed or held near earth potential.

Liquid-filled and liquid-insulated bushings, according to 2.2 and 2.3, shall be filled to the normal level with the insulating liquid of the quality specified by the supplier.

Gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 2.4, 2.5 and 2.6, shall be filled with the type of insulating gas specified by the supplier and raised to the minimum pressure according to 2.28, at the reference temperature of 20 °C. If, at the beginning of the test, the temperature differs from 20 °C, the pressure shall be adjusted accordingly.

Partly or completely immersed bushings, according to 2.17, 2.18 and 2.19, shall normally be immersed in an immersion medium which is as similar as possible to that used in normal operation. Other media shall be agreed between purchaser and supplier.

L'acheteur peut utiliser la traversée pour un essai de simulation destiné à prouver que la disposition de service est adaptée. En particulier, dans le cas de traversées destinées à être utilisées dans un appareillage à isolation gazeuse et des transformateurs, il peut être nécessaire d'effectuer des essais avec simulation des pièces métalliques adjacentes de l'appareillage ou du transformateur. De tels essais doivent faire l'objet d'un accord préalable entre fournisseur et acheteur.

Etant donné que les essais diélectriques individuels (voir 6.2.2) ont pour but la vérification de l'isolation interne uniquement, il est autorisé, pendant ces essais, d'ajouter des écrans autour des parties métalliques extérieures de la traversée.

La traversée est normalement essayée selon une disposition telle qu'il existe une distance d'isolement suffisante par rapport aux pièces mises à la terre, pour éviter des contournements directs dans l'air ambiant ou dans le milieu d'immersion.

L'appareillage à isolation gazeuse et le transformateur sont normalement essayés en position verticale, avec la bride mise à la terre ou maintenue à un potentiel voisin de la terre.

Pour l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle sous pluie, l'angle de montage de la traversée peut faire l'objet d'un accord spécial entre fournisseur et acheteur.

Avant de commencer les essais diélectriques, l'isolateur doit être propre et sec, et en équilibre thermique avec l'air ambiant.

Si les conditions atmosphériques réelles s'écartent des valeurs données dans la CEI 60-1, on doit effectuer les corrections données dans le tableau 4.

7 Essais de type

L'ordre à suivre pour effectuer les essais ou la combinaison éventuelle des essais est à la discrétion du fournisseur, sauf les essais de tenue à la tension de choc qui doivent avoir été effectués avant l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 8.3). Avant et après la série d'essais de type, des mesures du facteur de dissipation diélectrique et de la capacité (voir 8.1) et de l'intensité des décharges partielles (voir 8.4) doivent être effectuées afin de vérifier si des détériorations se sont produites.

7.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie

Applicabilité:

L'essai à sec est applicable à toutes les traversées conformes à 2.14, 2.17 et 2.19, qui ne sont pas soumises à un essai individuel (voir 8.3).

L'essai sous pluie est applicable à toutes les traversées d'extérieur conformes à 2.15, 2.16 et 2.18 et dont U_r est inférieure à 300 kV.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le tableau 7. La durée de l'essai est de 60 s, indépendamment de la fréquence.

The purchaser may use the bushing for a simulation test to prove the adequacy of the operating arrangement. In particular, in the case of bushings intended for use on gas-insulated switchgear and transformers, tests may be required with simulation of adjacent metal parts on the GIS or transformer side. Such tests shall be the subject of previous agreement between purchaser and supplier.

As the dielectric routine tests (see 6.2.2) are intended to check the internal insulation only, it is permissible practice to screen the external metal parts of the bushing during these tests.

A bushing is normally tested in an arrangement having sufficient clearance to surrounding earthed parts to avoid direct flashover to them through the ambient air or the immersion medium.

Normally, GIS and transformer bushings are tested in the vertical position, with the flange earthed or held near to earth potential.

The angle of mounting of the bushing for the wet power-frequency voltage withstand test may be the subject of special agreement between purchaser and supplier.

Before commencing dielectric tests, the insulator shall be clean and dry and in thermal equilibrium with the ambient air.

If the actual atmospheric conditions deviate from the values given in IEC 60-1, correction shall be made as given in table 4.

7 Type tests

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier, except the impulse voltage withstand tests which shall be made before the dry power-frequency voltage withstand test (see 8.3). Before and after the series of type tests, measurements of dielectric dissipation factor and capacitance (see 8.1) and of partial discharge quantity (see 8.4) shall be carried out in order to check whether damage has occurred.

7.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test

Applicability:

The dry test is applicable to all bushings according to 2.14, 2.17 and 2.19, which are not subjected to a routine test (see 8.3).

The wet test is applicable to all outdoor bushings according to 2.15, 2.16 and 2.18, and of which U_r is less than 300 kV.

Test method and requirements:

The magnitude of the test voltage is given in table 7. The test duration shall be 60 s, independent of frequency.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit ni contournement, ni perforation. S'il se produit une perforation, la traversée doit être considérée comme n'ayant pas satisfait à l'essai. S'il se produit un contournement, l'essai doit être répété une seule fois. Si, durant la répétition de l'essai, il ne se produit ni contournement ni perforation, la traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai.

7.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec

Applicabilité:

L'essai est applicable à tous les types de traversées.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La valeur de la tension d'essai est donnée dans les tableaux 7 ou 8. La traversée doit être soumise successivement à:

- 15 chocs pleins positifs; suivis de
- 15 chocs pleins négatifs

de la forme normalisée 1,2/50 μ s.

Les traversées à répartition capacitive destinées aux transformateurs de tension assignée U_r égale ou supérieure à 123 kV doivent être soumises successivement à:

- 15 chocs pleins positifs; suivis de
- 1 choc plein négatif; suivi de
- 5 chocs coupés négatifs; suivis de
- 14 chocs pleins négatifs.

La durée d'amorçage du dispositif de coupure doit être comprise entre 2 μ s et 6 μ s. Le niveau de tension de crête doit être de 115 % de la valeur du choc plein.

Après avoir changé de polarité, il est admis d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai. Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisants pour éviter l'influence de l'application précédente de tension.

Dans le cas des traversées pour appareillage à isolation gazeuse, des conditions d'essai particulières pour l'essai au choc coupé peuvent faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur pour couvrir le comportement de la traversée lors de tensions transitoires très rapides.

Les tensions doivent être enregistrées pour chaque choc.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai, si:

- il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités,
- le nombre de contournements dans l'air ne dépasse pas deux par série de 15 chocs;

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the bushing shall be considered to have failed the test. If a flashover occurs, the test shall be repeated once only. If during the repetition of the test no flashover or puncture occurs, the bushing shall be considered to have passed the test.

*7.2 Dry lightning impulse voltage withstand test**Applicability:*

The test is applicable to all types of bushings.

Test method and requirements:

The magnitude of the test voltage is given in table 7 or 8. The bushing shall be subjected successively to:

- 15 full lightning impulses of positive polarity; followed by
- 15 full lightning impulses of negative polarity of the standard lightning form 1,2/50 μ s.

Bushings for transformers of U_r equal or greater than 123 kV shall be subjected successively to:

- 15 full lightning impulses of positive polarity; followed by
- 1 full lightning impulse of negative polarity; followed by
- 5 chopped lightning impulses of negative polarity; and by
- 14 full lightning impulses of negative polarity.

The time to sparkover on the chopping device shall be between 2 μ s and 6 μ s. The peak voltage level shall be 115 % of the full wave value.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses. The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous applications of voltage.

For bushings for gas-insulated switchgear, special test requirements for chopped lightning test may be agreed upon between purchaser and supplier to cover the behaviour of the bushing concerning very fast transient voltage.

Voltage records shall be made for each impulse.

Acceptance:

The bushings shall be considered to have passed the test, if:

- no puncture occurs at either polarity; and if
- the number of flashovers in air does not exceed two for each series of 15 impulses;

sauf dans le cas de traversées de transformateurs, pour lesquelles on n'admet:

- aucun contournement sur l'extrémité dans l'huile;
- pas plus de deux contournements dans l'air à la polarité positive;
- pas de contournement dans l'air à la polarité négative.

7.3 Essai de tenue à la tension de choc de manoeuvre à sec ou sous pluie

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées de tension assignée U_T supérieure ou égale à 300 kV. Un essai à sec est applicable aux traversées d'intérieur et aux traversées immergées d'intérieur, aux traversées complètement immergées conformes à 2.14, 2.17 et 2.19.

L'essai sous pluie s'applique uniquement aux traversées d'extérieur conformes à 2.15, 2.16 et 2.18. Lorsqu'un essai sous pluie est réalisé, un essai à sec n'est pas nécessaire.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

Pour ces essais, on peut utiliser la CEI 60-1. Pour simuler les conditions de service, la traversée doit être montée sur une plaque mise à la terre ; cette plaque doit s'étendre à partir de l'axe de la traversée d'au moins $0,4 L$ dans chaque direction, L étant la distance d'arc à sec de la traversée. La connexion à haute tension doit être fixée à l'extrémité de la traversée et doit rester dans l'axe de celle-ci au moins jusqu'à $0,4 L$ au-dessus du sommet de la traversée. Dans le cas de traversées ayant une extrémité immergée, les détails de l'immersion doivent faire l'objet d'un accord.

La valeur de la tension d'essai est donnée dans le tableau 8.

La traversée doit être soumise successivement à:

- 15 chocs positifs, suivis de
- 15 chocs négatifs

de la forme normalisée 250/2 500 μ s.

Il est admis, après avoir changé la polarité, d'appliquer quelques chocs de faible amplitude avant l'application des chocs d'essai. Les intervalles de temps entre les applications successives de la tension doivent être suffisants pour éviter l'influence de l'application précédente de tension.

Un essai de tenue à la tension de choc de manoeuvre à sec pour les traversées de transformateurs dont la tension assignée U_T est inférieure à 300 kV doit faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

Les tensions doivent être enregistrées pour chaque choc.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si:

- il ne se produit aucune perforation pour les deux polarités,
- le nombre de contournements dans l'air ne dépasse pas deux par série de 15 chocs;

except for transformer bushing for which:

- no oil-end flashover; and
- not more than two flashovers in air at positive polarity; and
- no flashover in air at negative polarity

are permitted.

7.3 Dry or wet switching impulse voltage withstand test

Applicability:

The test is applicable to all bushings of U_r equal to or greater than 300 kV. A dry test is applicable to indoor, indoor immersed and completely immersed bushings, according to 2.14, 2.17 and 2.19.

The wet test is applicable to outdoor bushings, according to 2.15, 2.16 and 2.18. When a wet test is made a dry test is not necessary.

Test method and requirements:

For these tests IEC 60-1 may be used. To simulate service conditions, the bushing shall be mounted on an earthed plane radially extended from the axis of the bushing at least $0,4 L$ in every direction, L being the dry arcing distance of the bushing. The high-voltage connection shall extend in line with the axis of the bushing to a point at least $0,4 L$ above the top of the bushing. In the case of bushings of which one end is immersed, the details of immersion shall be subject to agreement.

The magnitude of the test voltage is given to table 8.

The bushing shall be subjected to:

- 15 impulses of positive polarity; followed by
- 15 impulses of negative polarity

of the standard waveform 250/2 500 μ s.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of minor amplitude before the application of the test impulses. The time intervals between consecutive applications of the voltage shall be sufficient to avoid effects from the previous application of voltage.

Dry switching impulse withstand test for transformer bushings of U_r less than 300 kV shall be subjected to agreement between supplier and purchaser.

Voltage records shall be made of each impulse.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test, if:

- no puncture occurs at either polarity; and if
- the number of flashovers in air at either polarity does not exceed two in the series of 15 impulses;

sauf dans le cas de traversées de transformateurs pour lesquelles on n'admet:

- aucun contournement sur l'extrémité dans l'huile;
- pas plus de deux contournements dans l'air à la polarité positive;
- pas de contournement dans l'air à la polarité négative.

7.4 Essai de stabilité thermique

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées partiellement ou totalement immergées conformes à 2.17, 2.18 et 2.19, dont l'isolation principale est assurée par un matériau organique, destinées aux appareils remplis d'un milieu isolant dont la température de service est égale ou supérieure à 60 °C et dont la tension assignée U_r est supérieure à 300 kV pour les traversées en papier imprégné d'huile et de résine et égale ou supérieure à 145 kV pour les autres types de traversées.

L'essai peut toutefois être supprimé, s'il peut être démontré, à partir des résultats d'essais comparables, que la stabilité thermique de la traversée est assurée.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

Les extrémités de la traversée qui sont destinées à l'immersion dans l'huile ou dans un autre milieu liquide isolant doivent être immergées dans l'huile. La température de l'huile doit être maintenue à la température de service de l'appareil ± 2 K, sauf dans le cas des traversées de transformateur où la température de l'huile doit être de 90 °C ± 2 °C. Cette température doit être mesurée au moyen de thermomètres immergés dans l'huile à environ 3 cm au-dessous de la surface et à environ 30 cm de la traversée.

Les extrémités des traversées destinées à l'immersion dans un milieu gazeux isolant autre que l'air à la pression atmosphérique doivent être correctement immergées dans le gaz isolant à la pression minimale définie en 2.28. Le gaz doit être maintenu à une température ayant fait l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur. Les pertes du conducteur correspondant à I_r doivent être simulées par des méthodes appropriées. L'une des méthodes consiste à enrouler un fil résistif isolé autour d'un conducteur factice et à l'alimenter par un courant adéquat. La résistance du fil et le courant doivent être ajustés de façon à produire les mêmes pertes que le conducteur final.

La tension d'essai doit être:

- U_r pour les traversées dont U_r est égale ou inférieure à 170 kV;
- $0,8 U_r$ pour les traversées dont U_r est supérieure à 170 kV.

L'essai ne doit pas être commencé tant que la stabilité thermique entre l'huile et la traversée n'est pas atteinte.

Pendant l'essai, le facteur de dissipation diélectrique doit être mesuré fréquemment et la température de l'air ambiant doit être enregistrée à chaque mesure.

La traversée a atteint sa stabilité thermique lorsque son facteur de dissipation diélectrique ne montre aucune tendance à l'accroissement, compte tenu de la température ambiante, pendant une durée de 5 h.

except for transformer bushings for which:

- no oil-end flashover; and
- not more than two flashovers in air at positive polarity; and
- no flashover in air at negative polarity

are permitted.

7.4 Thermal stability test

Applicability:

The test is applicable to all partly or completely immersed bushings, according to 2.17, 2.18 and 2.19, the major insulation of which consists of an organic material, intended for apparatus filled with an insulating medium, the operating temperature of which is equal to or above 60 °C and of which U_r is greater than 300 kV for oil- and resin-impregnating paper bushings, and equal to or greater than 145 kV for other types of bushings.

The test can, however, be omitted if it can be demonstrated that, based on the results of comparative tests, the thermal stability of the bushing is assured.

Test method and requirements:

The ends of the bushings, which are intended for immersion in oil or another liquid insulating medium, shall be immersed in oil. The temperature of the oil shall be maintained at the operating temperature of the apparatus ± 2 K, except for transformer bushings where the oil temperature shall be $90\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. This temperature shall be measured by means of thermometers, immersed in oil about 3 cm below the surface, and about 30 cm from the bushing.

The ends of the bushings, which are intended for immersion in a gaseous insulating medium other than air at atmospheric pressure, shall be appropriately immersed in insulating gas at minimum pressure defined in 2.28. The gas shall be maintained at a temperature agreed upon between purchaser and supplier.

The conductor losses corresponding to I_r shall be simulated by appropriate means. One method is to wrap a resistive insulated wire around a conductor dummy and to feed it by a suitable supply. The resistance of the wire and the current shall be adjusted in a way to produce the same losses as the final conductor.

The test voltage shall be:

- U_r for bushings of U_r equal to or less than 170 kV;
- $0,8 U_r$ for bushings of U_r greater than 170 kV.

The test shall not be started until thermal equilibrium between the oil and the bushing has been reached.

During the test, the dielectric dissipation factor shall be measured frequently and the ambient air temperature shall be recorded at each measurement.

The bushing has reached thermal stability when its dielectric dissipation factor shows no appreciable rising tendency, with respect to the ambient temperature, for a period of 5 h.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si elle a atteint sa stabilité thermique et si elle a satisfait à la répétition de tous les essais diélectriques individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

7.5 Essai d'échauffement

Applicabilité:

L'essai est applicable à tous les types de traversées à l'exclusion des traversées à isolation liquide conformes à 2.3, sauf s'il peut être démontré, à l'aide d'un calcul fondé sur un essai comparatif, que les limites de température spécifiées sont respectées.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

Les traversées dont une ou les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans l'huile ou dans un autre liquide isolant doivent être immergées de façon appropriée dans de l'huile à température ambiante, sauf dans le cas de traversées de transformateur où l'huile doit être maintenue à une température de $60\text{ K} \pm 2\text{ K}$ au-dessus de la température de l'air ambiant.

Les traversées avec conducteur introduit dans le tube central doivent être montées avec un conducteur approprié dont la section est conforme à r_1 . Lorsque l'huile du transformateur est en communication avec le tube central de la traversée, le niveau de l'huile ne doit pas dépasser un tiers de la hauteur de la partie extérieure.

Les extrémités de la traversée destinées à l'immersion dans un milieu isolant gazeux autre que l'air à la pression atmosphérique doivent normalement être immergées de façon appropriée dans un gaz isolant à la pression minimale, conformément à 2.28, le gaz étant à la température de l'air ambiant au commencement de l'essai.

Les traversées à isolation gazeuse doivent être à la température ambiante au commencement de l'essai.

Un nombre approprié de couples thermoélectriques ou autres dispositifs de mesure doivent être, autant que possible, placés le long du conducteur de la traversée, du tube central et des autres parties de passage de courant, et éventuellement sur la bride ou autre dispositif de fixation, de manière à déterminer le point le plus chaud des pièces métalliques de la traversée en contact avec le matériau isolant, avec une précision raisonnable.

La température de l'air ambiant doit être mesurée avec des thermomètres à inertie placés autour de la traversée à mi-hauteur et à une distance de 1 m à 2 m de celle-ci.

NOTE – Un degré satisfaisant d'inertie est obtenu en plaçant les thermomètres dans des récipients remplis d'environ 0,5 l d'huile.

La température de l'huile ou du gaz doit être mesurée au moyen de thermomètres placés à une distance de 30 cm de la traversée et, dans le cas de l'huile, à 3 cm au-dessous de la surface de l'huile.

L'essai doit être effectué à $I_1 \pm 2\%$ à la fréquence assignée, toutes les pièces de la traversée étant substantiellement au potentiel de la terre. Si la fréquence lors de l'essai est différente de la fréquence assignée, le courant peut être ajusté afin d'obtenir des pertes équivalentes.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if it reaches thermal stability and subsequently withstands dielectric routine tests without significant change from previous results.

*7.5 Temperature rise test**Applicability:*

The test is applicable to all types of bushings, excluding liquid-insulated bushings according to 2.3, unless it can be demonstrated by a calculation based on comparative tests that specified temperature limits are met.

Test method and requirements:

Bushings, one or both ends of which are intended to be immersed in oil or another liquid-insulating medium, shall be appropriately immersed in oil at ambient temperature, except for transformer bushings, where the oil shall be maintained at a temperature of $60\text{ K} \pm 2\text{ K}$ above the ambient air.

Bushings with a conductor drawn into the central tube shall be assembled with an appropriate conductor, the cross-section of which shall conform with I_r . When the transformer oil is in communication with the bushing central tube, the oil level shall not exceed one-third of the height of the external part.

The end of bushings, which are intended for immersion in a gaseous insulating medium other than air at atmospheric pressure, shall normally be appropriately immersed in insulating gas at minimum pressure, according to 2.28, the gas being at ambient temperature at the beginning of the test.

Gas-insulated bushings shall be at ambient temperature at the beginning of the test.

An appropriate number of thermocouples or other measuring devices, as far as possible, shall be placed along the bushing conductor, central tube and other current-carrying parts, as well as possibly on the flange or other fixing device, so as to determine the hottest spot of the bushing metal parts in contact with insulating material with reasonable accuracy.

The ambient air temperature shall be measured with lagged thermometers placed around the bushing at mid-height and at a distance of 1 m to 2 m from it.

NOTE – A satisfactory degree of lagging is obtained by placing the thermometers in oil-filled containers with a volume of approximately 0,5 l.

The temperature of the oil or gas shall be measured by means of thermometers placed at a distance of 30 cm from the bushing and, in case of oil, 3 cm below the surface of the oil.

The test shall be carried out at $I_r \pm 2\%$ at rated frequency, all parts of the bushing being substantially at earth potential. If the frequency at the test differs from the rated frequency, the current may be adjusted to achieve equivalent losses.

Les connexions extérieures temporaires utilisées pour cet essai doivent être de dimensions telles qu'elles ne contribuent pas exagérément au refroidissement de la traversée pendant l'essai. Ces conditions sont considérées comme ayant été satisfaites si la diminution de la température à partir du raccordement de la traversée jusqu'à un point situé à 0,5 m de distance le long de la connexion, ne dépasse pas 2 K.

Les essais doivent être poursuivis jusqu'à ce que l'échauffement soit sensiblement constant. Ceci est considéré comme étant le cas si la température ne varie pas de plus de ± 2 K pendant 2 h.

Afin d'éviter la destruction de l'isolation dans le cas de traversées dont le conducteur est enrobé dans le matériau d'isolation, la température du point le plus chaud peut être, après accord entre acheteur et fournisseur, déterminée comme suit:

La température maximale θ_M du conducteur est déduite des relations (1) et (2):

$$\theta_M = \frac{\left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{a} - \theta_1 - \theta_2 \right]^2 - [\theta_1 \times \theta_2]}{3 \left[2 \left(\frac{R_C}{R_A} \times \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{2}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \quad (2)$$

Si le résultat M de la relation (2) est positif, la température la plus élevée du conducteur est θ_M et elle est située en un point entre les extrémités du conducteur. Si le résultat M est négatif ou nul, la température la plus élevée du conducteur est θ_2 .

Le point le plus chaud du conducteur est situé à une distance L_M de l'extrémité la plus froide, telle que:

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \quad (3)$$

où

α est le coefficient de température de la résistance pour la température à laquelle la résistance R_A du conducteur est mesurée;

θ_1 est la température mesurée à l'extrémité la plus froide du conducteur, en degrés Celsius;

θ_2 est la température mesurée à l'extrémité la plus chaude du conducteur, en degrés Celsius;

θ_A est la température de référence uniforme du conducteur, en degrés Celsius;

θ_M est la température maximale du conducteur, en degrés Celsius;

L est la longueur du conducteur;

L_M est la distance de l'extrémité la plus froide du conducteur au point le plus chaud;

R_A est la résistance entre les extrémités du conducteur à la température uniforme θ_A

R_C est la résistance du conducteur parcouru par I_f après stabilisation de la température.

Temporary external connections used for this test shall be of such dimensions that they do not contribute unduly to the cooling of the bushing under test. These conditions are assumed to be fulfilled if the temperature decrease from the bushing termination to a point at 0,5 m distance along the connection does not exceed 2 K.

The test shall be continued until the temperature rise is sensibly constant. This is considered to be the case if the temperature does not vary more than ± 2 K during 2 h.

To avoid destruction of the insulation in the case of bushings with the conductor embedded in the insulating material, the temperature of the hottest spot may, by agreement between purchaser and supplier, be determined as follows:

The maximum conductor temperature θ_M is deduced by relations (1) and (2):

$$\theta_M = \frac{\left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right]^2 - [\theta_1 \times \theta_2]}{3 \left[2 \left(\frac{R_C}{R_A} \times \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{2}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right]} \quad (1)$$

$$M = \left[3 \left(\frac{R_C}{R_A} \frac{1}{\alpha} + \theta_A \right) - \frac{3}{\alpha} - \theta_1 - \theta_2 \right] - \theta_M \quad (2)$$

If the result M of the relation (2) is positive, the higher temperature of the conductor is θ_M , and it is situated in any point of the conductor between the two extremities. If the result M is negative or zero, the higher temperature of the conductor is θ_2 .

The point of maximum conductor temperature lies at distance L_M from the cooler end.

$$L_M = \frac{L}{1 \pm \sqrt{\frac{\theta_M - \theta_2}{\theta_M - \theta_1}}} \quad (3)$$

where:

- α is the temperature coefficient of resistance at which conductor resistance R_A is measured;
- θ_1 is the measured temperature at cooler end of conductor, in degrees Celsius;
- θ_2 is the measured temperature at hotter end of conductor, in degrees Celsius;
- θ_A is the uniform reference temperature of conductor, in degrees Celsius;
- θ_M is the maximum temperature of conductor, in degrees Celsius;
- L is the length of conductor;
- L_M is the distance from cooler end of conductor to point of highest temperature;
- R_A is the resistance between the ends of the conductor at uniform temperature θ_A ;
- R_C is the resistance of conductor carrying I_r after stabilization of temperature.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si les limites de température admissibles conformes à 3.8 sont satisfaites et si aucun indice visible de détérioration n'est constaté.

7.6 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée

Applicabilité:

Cette vérification est applicable à tous les types de traversées.

Méthode de vérification et conditions d'exécution:

L'aptitude de la traversée à supporter les valeurs normalisées de I_{th} doit être démontrée par le calcul suivant:

$$\theta_f = \theta_o + \alpha \frac{I_{th}^2}{S_t \times S_e} \times t_{th} \quad (4)$$

où

- θ_f est la température finale du conducteur, en degrés Celsius;
- θ_o est la température du conducteur, en degrés Celsius, en service continu avec I_r à une température de l'air ambiant de 40 °C;
- α vaut 0,8 (K/s)/(kA/cm²)² pour le cuivre et 1,8 (K/s)/(kA/cm²)² pour l'aluminium;
- t_{th} est la durée assignée telle qu'elle est spécifiée, en secondes;
- I_{th} est la valeur normalisée spécifiée ci-dessus, en kiloampères;
- S_e est la section équivalente tenant compte de l'effet de peau, en centimètres carrés;
- S_t est la section totale du conducteur correspondant à I_r , en centimètres carrés.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme capable de supporter la valeur normale de I_{th} si θ_f ne dépasse pas 180 °C.

Si la température calculée dépasse cette limite, l'aptitude de la traversée à supporter la valeur normale de I_{th} doit être démontrée par un essai. Cet essai doit être effectué comme suit:

- la traversée peut être installée dans n'importe quelle position;
- un courant d'au moins la valeur normale de I_{th} et de durée t_{th} conforme à 3.3 doit être appliqué au conducteur dont la section doit être conforme au courant assigné I_r .

Avant l'essai, la traversée doit être parcourue par un courant qui produit, après stabilisation du conducteur, la même température que le courant assigné à la température ambiante maximale.

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration n'est constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if the permissible temperature limits in accordance with 3.8 are met, and if there is no visible evidence of damage.

7.6 Verification of thermal short-time current withstand*Applicability:*

The verification is applicable to all types of bushings.

Verification method and requirements:

The ability of the bushings to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by the following calculation:

$$\theta_f = \theta_o + \alpha \frac{I_{th}^2}{S_t \times S_e} \times t_{th} \quad (4)$$

where:

- θ_f is the final temperature of the conductor, in degrees Celsius;
- θ_o is the temperature of the conductor in degrees Celsius, under continuous operation with I_r at an ambient temperature of 40 °C;
- α is 0,8 (K/s)/(kA/cm²)² for copper, 1,8 (K/s)/(kA/cm²)² for aluminium;
- t_{th} is the rated duration as specified, in seconds;
- I_{th} is the standard value as specified above, in kiloamperes;
- S_e is the equivalent cross-section, in square centimetres, taking account of skin effect;
- S_t is the total cross-section in square centimetres corresponding to I_r .

Acceptance:

The bushing shall be considered to be able to withstand the standard value of I_{th} if θ_f does not exceed 180 °C.

If the calculated temperature exceeds this limit, the ability of the bushing to withstand the standard value of I_{th} shall be demonstrated by a test. The test shall be carried out as follows:

- the bushing can be installed in any position;
- a current of at least the standard value of I_{th} and of duration t_{th} , in accordance with 3.3, shall be passed through the conductor, the cross-section of which shall conform with the rated current I_r .

Before the test, the bushing shall carry a current which produces the same stable conductor temperature as the rated current at maximum ambient temperature.

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no visual evidence of damage and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from the previous results.

7.7 Essai de tenue à la flexion

Applicabilité:

L'essai est applicable à tous les types de traversées.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

Les valeurs de l'essai doivent être conformes au tableau 1. Pour les traversées conformes à 2.20, les valeurs d'essai de tenue à la flexion doivent être limitées à:

300 N	pour $l_r \leq 800$ A
1 000 N	pour $l_r > 800$ A

La traversée doit être complètement montée et, si cela est applicable, remplie avec le milieu isolant spécifié. Sauf indication contraire, la traversée doit être installée verticalement et sa bride solidement fixée à un dispositif approprié.

Une pression égale à 1 bar $\pm$ 0,1 bar au-dessus de la pression maximale de service doit être appliquée à l'intérieur de la traversée et également à l'intérieur du tube central dans le cas d'une traversée avec une tige creuse ayant un joint du côté de l'extrémité à essayer.

Pour les traversées ayant des soufflets internes, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

La charge doit être appliquée pendant 60 s perpendiculairement à l'axe de la traversée, au milieu du raccord. Elle ne doit être appliquée qu'à une des extrémités à la fois. En général, il suffit de procéder à l'essai sur l'extrémité qui provoque les contraintes les plus fortes aux endroits critiques de la traversée en service normal.

Pour les traversées ayant plus d'un raccord sur l'extrémité côté air, la pleine charge d'essai doit être appliquée consécutivement à chaque raccord.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice visible de détérioration (déformation, rupture, fuite) n'a été constaté et si elle a donné satisfaction lors d'une répétition de tous les essais individuels, sans écart significatif par rapport aux résultats précédents.

7.8 Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de liquide ou de mélange et des traversées à isolation liquide

Acceptabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de liquide ou de mélange et aux traversées à isolation liquide, conformes à 2.2 et 2.3, excepté les traversées dont le liquide de remplissage a une viscosité égale ou supérieure à 5×10^{-4} m²/s à 20 °C.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La traversée doit être montée comme dans les conditions de service normal, remplie du liquide spécifié et placée dans une enceinte convenablement chauffée, maintenue à une température de 75 °C pendant 12 h.

7.7 Cantilever load withstand test

Applicability:

The test is applicable to all types of bushings.

Test method and requirements:

The test values shall be in accordance with table 1.

For bushings according to 2.20 cantilever withstand load test values shall be restricted to:

300 N	for $I_r \leq 800$ A
1 000 N	for $I_r > 800$ A

The bushing shall be completely assembled and, if applicable, filled with the insulating medium specified. Unless otherwise stated, the bushing shall be installed vertically and its flange rigidly fixed to a suitable device.

A pressure equal to 1 bar $\pm$ 0,1 bar above the maximum operating pressure shall be applied inside the bushing, and also inside the central tube in the case of a bushing with a hollow stem with a gasket joint at the terminal to be tested.

For bushings with internal bellows, the pressure shall be stated by the supplier.

The load shall be applied perpendicularly to the axis of the bushing at the mid-point of the terminal for 60 s. It shall be applied only to one terminal at a time. It is generally sufficient to apply the load only to the terminal which will cause the higher stresses at the critical parts of the bushing in normal operation.

For bushings having more than one terminal at the air end, the full test load shall be applied to each terminal successively.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage) and if it has withstood a repetition of all routine tests without significant change from previous results.

7.8 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings

Applicability:

The test is applicable to all liquid-filled or compound-filled and liquid-insulated bushings, according to 2.2 and 2.3, except those bushings of which the liquid filling has a viscosity equal to or greater than 5×10^{-4} m²/s at 20 °C.

Test method and requirements:

The bushing shall be assembled as for normal operation, filled with the liquid specified and placed in a suitably heated enclosure maintained at a temperature of 75 °C for 12 h.

Une pression minimale de 1 bar $\pm$ 0,1 bar au-dessus de la pression maximale interne de service, conforme à 2.29, doit être maintenue à l'intérieur de la traversée pendant l'essai.

Dans le cas de traversées à soufflet interne, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice de fuite n'a été constaté. La méthode de détection doit être celle de la CEI 68-2-17, article C.2, annexe C.

7.9 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes à 2.4, 2.5 et 2.6, dont l'enveloppe isolante est en matériau céramique et destinée à être utilisée avec une pression de gaz permanente supérieure à 0,5 bar relatifs et ayant un volume interne égal ou supérieur à 1 l (1 000 cm³).

L'essai est également applicable aux isolateurs non assemblés essayés conformément à la CEI 233.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

L'isolateur creux en céramique doit être muni de ses dispositifs de fixation et accessoires, de préférence comme pour l'application à laquelle il est destiné, ainsi que de plaques supplémentaires avec un clapet et un manomètre pour l'essai. L'isolateur doit être complètement rempli avec un milieu approprié. La pression doit être augmentée progressivement sans produire de choc.

L'isolateur doit pouvoir supporter 4,25 fois la pression de calcul pendant 5 min.

Acceptation:

L'isolateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il n'est constaté aucun indice de fissures ni dans la céramique, ni dans les accessoires. Lorsqu'il n'existe aucun indice tel que ceux mentionnés ci-dessus, l'essai est considéré comme satisfaisant même si les traversées ont subi des contraintes au-delà de leur limite.

7.10 Essai de pression externe des traversées partiellement ou totalement immergées dans un gaz

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées immergées dans un gaz, conformes à 2.17 à 2.19, destinées à être utilisées avec une pression relative de gaz permanente supérieure à 0,5 bar.

A minimum pressure of 1 bar $\pm$ 0,1 bar above the maximum internal operating pressure according to 2.29, shall be maintained inside the bushing during the test.

For bushing with internal bellows the pressure shall be stated by the supplier.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 68-2-17, annex C, clause C.2.

7.9 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

Applicability:

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 2.4, 2.5 and 2.6, of which the insulating envelope is of ceramic material and intended for use with a permanent gas pressure higher than 0,5 bar gauge, having an internal volume equal to or greater than 1 l (1 000 cm³).

The test is also applicable to unassembled insulators tested in accordance with IEC 233.

Test method and requirements:

The hollow ceramic insulator shall be equipped with its fixing devices and fittings, preferably as in the intended application, and with additional plates with valve and pressure gauge for the test.

The insulator shall be completely filled with an appropriate medium. The pressure shall be increased steadily without producing any shock.

The insulator shall withstand 4,25 times the design pressure for 5 min.

Acceptance:

The insulator shall be considered to have passed the test if there is no evidence of cracks, either in the ceramic or in the fittings. Where there is no evidence of the above the test is considered satisfactory even though the fittings may have been stressed beyond their yield point.

7.10 External pressure test on partly or completely gas-immersed bushings

Applicability:

The test is applicable to all gas-immersed bushings, according to 2.17 to 2.19, intended for use at a permanent gas pressure higher than 0,5 bar gauge.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

L'essai doit être effectué avant l'essai d'étanchéité, conformément à 8.9. La traversée doit être montée pour l'essai dans la mesure où cela est nécessaire, mais il ne doit pas y avoir de pression de gaz interne. L'extrémité destinée à l'immersion doit être installée dans une cuve, comme pour le service normal à la température ambiante. La cuve doit être complètement remplie avec un liquide approprié. Une pression égale à trois fois la pression de service externe maximale (voir 2.30) doit être appliquée pendant 1 min.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucun indice de détérioration mécanique n'est constaté (par exemple déformation ou rupture).

7.11 Vérification des dimensions

Applicabilité:

La vérification est applicable à tous les types de traversées.

Acceptation:

Les dimensions de la traversée de l'essai doivent être conformes aux plans appropriés, en particulier en ce qui concerne les dimensions auxquelles s'appliquent les tolérances spéciales et les détails influant sur l'interchangeabilité.

8 Essais individuels

L'ordre à suivre pour effectuer les essais ou la combinaison éventuelle des essais est à la discrétion du fournisseur, sauf si les essais comprennent des essais de tenue à la tension de choc qui doivent être effectués avant l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 8.3). Avant et après la série d'essais de type, des mesures du facteur de dissipation diélectrique $\tan \delta$ et de la capacité (voir 8.1) doivent être effectuées afin de vérifier si des détériorations se sont produites. La mesure de l'intensité des décharges partielles (voir 8.4) doit être effectuée avant la dernière mesure de $\tan \delta$.

8.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la capacité à la température ambiante

Applicabilité:

La mesure n'est applicable qu'aux traversées à répartition capacitive conformes à 2.13.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

Pendant cet essai, le conducteur de la traversée ne doit être parcouru par aucun courant. Les mesures doivent être effectuées à une température ambiante comprise entre 10 °C et 40 °C au moyen d'un pont de Schering ou par une autre méthode équivalente, au moins à:

- pour les traversées dont $U_r \leq 36$ kV: $1,05 U_r / \sqrt{3}$;
- pour les traversées dont $U_r \geq 52$ kV: $1,05 U_r / \sqrt{3}$ et U_r .

Les mesures ne doivent pas être effectuées à une tension dépassant la tension de l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec.

Test method and requirements:

The test shall be made before the tightness test according to 8.9. The bushing shall be assembled as far as necessary for the test, but there shall not be any internal gas pressure. The end for immersion shall be mounted in a tank as for normal operation at ambient temperature. The tank shall be completely filled with an appropriate liquid. A pressure of three times the external maximum operating pressure (see 2.30) shall be applied for 1 min.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of mechanical damage (e.g. deformation, rupture).

7.11 Verification of dimensions*Applicability:*

This verification is applicable to all types of bushings.

Acceptance:

The dimensions of the bushing in test shall be in accordance with the relevant drawings, particularly with regard to any dimensions to which special tolerances apply and to details affecting interchangeability.

8 Routine tests

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier, except if the tests include impulse voltage withstand tests, which shall be made before the dry power-frequency voltage withstand test (see 8.3). Before and after the dielectric routine tests, measurements of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance (see 8.1) shall be carried out in order to check whether damage has occurred. The measurement of partial discharge quantity (see 8.4) shall be made before the last measurement of $\tan \delta$.

8.1 Measurement of dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and capacitance at ambient temperature*Applicability:*

The measurement is only applicable to capacitance graded bushings according to 2.13.

Test method and requirements:

During this test, the bushing conductor shall not carry current. The measurement shall be made at an ambient temperature of between 10 °C and 40 °C by means of a Schering bridge, or other similar equipment at least at:

- for bushings of $U_r \leq 36$ kV: $1,05 U_r / \sqrt{3}$;
- for bushings of $U_r \geq 52$ kV: $1,05 U_r / \sqrt{3}$; and U_r ;

The measurement shall not be made at a voltage exceeding the dry power-frequency withstand voltage.

Une mesure de $\tan \delta$ et de la capacité à une tension comprise entre 2 kV et 20 kV doit être effectuée pour obtenir une valeur de référence pour les mesures effectuées par la suite lorsque la traversée est en service.

Acceptation:

Les valeurs maximales admissibles de $\tan \delta$ et accroissement de $\tan \delta$ en fonction de la tension sont données dans le tableau 5. Si les valeurs ne sont pas acceptables, il est autorisé d'attendre une heure avant de répéter l'essai.

La température réelle pendant les mesures doit être consignée dans le rapport d'essai.

8.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec

Applicabilité:

L'essai, en tant qu'essai individuel, n'est applicable qu'aux traversées pour transformateurs dont la tension assignée U_r est égale ou supérieure à 300 kV.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

- cinq chocs pleins négatifs doivent être appliqués;

ou par accord contractuel:

- trois chocs pleins négatifs, puis
- deux chocs coupés négatifs.

On doit appliquer les conditions d'essai de 7.2.

Acceptation:

On doit appliquer les critères de 7.2.

8.3 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec

Applicabilité:

L'essai est applicable à tous les types de traversées. Pour les traversées à isolation gazeuse conformes à 2.5 qui sont destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un appareillage à isolation gazeuse dont le remplissage de gaz est commun avec celui de la traversée, cet essai n'est effectué que comme essai de type à condition que l'enveloppe isolante de la traversée ait été soumise, avant montage, à un essai électrique approprié (par exemple, essai de la paroi de la porcelaine).

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

L'essai doit être effectué ou répété après chaque essai de tenue à la tension de choc, si cela est spécifié dans la série d'essais.

La valeur de la tension d'essai est donnée dans les tableaux 7 ou 9. Les traversées pour transformateurs doivent être essayées à au moins 10 % au-dessus du niveau d'essai du transformateur par tension induite et/ou appliquée. Si le fournisseur n'a donné aucune information sur le niveau d'essai du transformateur, le niveau d'essai de la traversée doit être en accord avec les tableaux 7 ou 9. Le niveau d'essai ne doit pas être inférieur à la valeur indiquée dans les tableaux 7 ou 9.

A measurement of $\tan \delta$ and capacitance at a voltage between 2 kV and 20 kV shall be carried out as a reference value for measurements carried out later when the bushing is in operation.

Acceptance:

The maximum permissible values of $\tan \delta$ and for the increase of $\tan \delta$ with voltage are given in table 5. If the values are not acceptable, it is permitted to wait for 1 h before repeating the test.

It is required to state the actual temperature during the measurement in the test report.

8.2 Dry lightning impulse voltage withstand test

Applicability:

The test as a routine test is applicable only for transformer bushings with U_r equal to or greater than 300 kV.

Test method and requirements:

- five full lightning impulses of negative polarity shall be applied

or, by contractual agreement,

- three full lightning impulses of negative polarity; and
- two chopped lightning impulses of negative polarity shall be applied.

For test conditions, 7.2 shall be followed.

Acceptance:

For criteria, 7.2 shall be followed.

8.3 Dry power-frequency voltage withstand test

Applicability:

The test is applicable to all types of bushings. For gas-insulated bushings according to 2.5, which are intended to be used as an integral part of a gas-insulated apparatus, of which the gas filling is common to that of the bushing, this test shall be a type test only provided the insulating envelope of the bushing has been subjected to an adequate electrical test (e.g. wall test of the porcelain) before assembly.

Test method and requirements:

The test shall be made or repeated after any impulse voltage withstand test, if required in a series of tests.

The magnitude of the test voltage is given in tables 7 or 9. Bushings for transformers shall be tested at least 10 % above the induced and/or applied test voltage level of the transformer. The level shall be not lower than the values shown in tables 7 or 9. If the information on transformer test level is not provided by the purchaser, the test level for the bushing shall be in accordance with tables 7 or 9.

La durée de l'essai est de 60 s, indépendamment de la fréquence.

Acceptation:

La traversée est considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de contournement ou de perforation. S'il se produit une perforation, la traversée doit être considérée comme n'ayant pas satisfait à l'essai. On suppose qu'une perforation a eu lieu si la capacité mesurée après l'essai est supérieure à la capacité précédemment mesurée de plus de 75 % de la valeur imputable à la capacité d'une couche. S'il se produit un contournement, l'essai doit être répété une seule fois. Si, pendant la répétition de l'essai, il ne se produit ni contournement ni perforation, la traversée est considérée comme ayant satisfait à l'essai.

8.4 Mesure de l'intensité des décharges partielles

Applicabilité:

L'essai doit être effectué sur tous les types de traversées, sauf les traversées conformes à 2.5 et 2.10, pour lesquelles cet essai n'est effectué que comme essai de type, à condition que l'enveloppe isolante de la traversée ait été soumise, avant montage, à un essai électrique approprié (par exemple, essai de la paroi de la porcelaine).

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 270.

Lorsque la mesure des décharges partielles est remplacée par une mesure de la tension de perturbation radioélectrique, exprimée en microvolts, effectuée à l'aide de mesureurs de perturbations radioélectriques, la méthode d'étalonnage à utiliser est celle qui est indiquée dans la CEI 270.

Sauf indication contraire, les éléments du circuit d'essai doivent être choisis de telle sorte que le bruit de fond et la sensibilité du circuit de mesure permettent de détecter la plus élevée des grandeurs suivantes: une décharge de 5 pC ou 20 % de l'intensité de décharge admissible spécifiée.

Les mesures doivent être effectuées après l'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (voir 8.3) aux valeurs données dans le tableau 6 pendant la diminution de la tension depuis le niveau de la tension d'essai à fréquence industrielle à sec; en fonction du type de traversée et des moyens d'essais, le niveau de tension peut être réduit à $2 U_T/\sqrt{3}$ par accord entre le fabricant et l'acheteur.

Acceptation:

Les valeurs maximales admissibles de l'intensité des décharges partielles en fonction du type de traversée après le dernier essai doivent être celles données dans le tableau 6.

Il peut être demandé de mesurer l'intensité des décharges partielles avant les essais diélectriques uniquement dans un but d'information ; ces mesures ne font donc pas l'objet d'une garantie.

The test duration shall be 60 s, independent of frequency.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the bushing shall be considered to have failed the test. It is assumed that a puncture has occurred if the capacitance measured after the test raises above the capacitance previously measured by more than 75 % of the amount attributable to the capacitance of one layer. If a flashover occurs the test shall be repeated once only. If during the repetition of the test no flashover or puncture occurs the bushing shall be considered to have passed the test.

8.4 Measurement of partial discharge quantity

Applicability:

The measurement shall be carried out on all types of bushings, except for bushings according to 2.5 and 2.10, for which this test shall be a type test only, provided the insulating envelope of the bushing has been subjected to an adequate electrical test (e.g. wall test of the porcelain) before assembly.

Test method and requirements:

The test shall be made in accordance with IEC 270.

When, as a substitute for the measurement of partial discharge quantity, the radio interference voltage, expressed in microvolts, is measured by means of a radio interference meter, the method of calibration to be used is that described in IEC 270.

Unless otherwise stated, the elements of the test circuit shall be such that background noise and sensitivity at the measuring circuit enable a partial discharge quantity of 5 pC or 20 % of the specific value to be detected whichever value is higher.

The measurement shall be made after the dry power-frequency withstand voltage test (see 8.3) at the values as given in table 6 during the decrease of the voltage from the dry power-frequency withstand test level; depending on the type of bushing and test facilities the voltage level could be reduced at $2 U_r / \sqrt{3}$ by agreement between the manufacturer and purchaser.

Acceptance:

The maximum acceptable values of partial discharge quantity, according to the type of bushing after the last dielectric test shall be as given in table 6.

Partial discharge measurements before dielectric tests may be requested for information purpose only, and are not subject to guarantee.

8.5 Essai de l'isolement des prises

Applicabilité et conditions d'exécution:

L'essai de tenue sous tension à fréquence industrielle par rapport à la terre doit être appliqué à toutes les prises:

- prise de mesure (voir 2.36): au moins 2 kV;
- prise de tension (voir 2.37): deux fois la tension assignée de la prise de tension, mais au moins 2 kV.

La durée de l'essai est de 60 s, indépendamment de la fréquence.

Après l'essai, la $\tan \delta$ et la capacité par rapport à la terre doivent être mesurées au moins à 1 kV.

Acceptation:

La prise doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit ni contournement ni perforation.

Pour les prises de mesure, les valeurs de $\tan \delta$ et de la capacité doivent être conformes à 3.10.

8.6 Essai de pression interne des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse ou imprégnées de gaz

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse ou imprégnées de gaz conformes à 2.4, 2.5 et 2.6.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La traversée, complètement équipée comme dans ses conditions de service normal, doit être remplie de gaz ou de liquide au choix du fournisseur. Une pression de (1,5 x pression maximale de service) bar $\pm$ 0,1 bar doit être produite à l'intérieur de la traversée et être maintenue pendant 15 min à la température ambiante.

Dans le cas de traversées dont l'enveloppe isolante est en matière céramique et destinées à être sous pression en service, l'enveloppe isolante en matière céramique avec ses armatures doit être essayée seule, avant montage, à une pression égale à trois fois la pression de calcul pendant 1 min, ou le corps d'enveloppe, sans armatures, à une pression de 4,25 fois la pression de calcul pendant 1 min, selon la CEI 1264.

Acceptation:

La traversée est considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il n'est constaté aucune détérioration mécanique (par exemple, déformation, rupture).

8.5 Tests of tap insulation

Applicability and test requirements:

The following power-frequency voltage withstand test with respect to earth shall be applied to all taps:

- test tap (see 2.36): at least 2 kV;
- voltage tap (see 2.37): twice the rated voltage of the voltage tap but at least 2 kV.

The test duration is 60 s, independent of frequency.

After the test $\tan \delta$ and capacitance with respect to earth shall be measured at least at 1 kV.

Acceptance:

The tap shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs.

For test taps the values of $\tan \delta$ and capacitance shall be in accordance with 3.10.

8.6 Internal pressure test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

Applicability:

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings according to 2.4, 2.5 and 2.6.

Test method and requirements:

The bushing, complete as for normal operation, shall be filled with gas or liquid at the choice of the supplier. A pressure of $(1,5 \times \text{maximum operating pressure}) \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ shall be produced inside the bushing and maintained for 15 min at ambient temperature.

In case of bushings, of which the insulating envelope is of ceramic material and intended to be under pressure in operation, the ceramic hollow insulator with fittings shall be tested alone, before assembly, at a pressure of three times the design pressure for 1 min, or the insulator body, without fittings, at a pressure of 4,25 times the design pressure for 1 min according to IEC 1264.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of mechanical damage (e.g. deformation, rupture).

8.7 *Essai d'étanchéité sur des traversées à remplissage de liquide, à remplissage de mélange ou à isolation liquide*

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées conformes à 2.2 et 2.3, sauf aux traversées dont le liquide de remplissage a une viscosité égale ou supérieure à $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ à 20 °C.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La traversée doit être montée comme pour le service normal, remplie du liquide spécifié à une température ambiante non inférieure à 10 °C, sauf les traversées pour transformateurs, qui doivent être remplies avec un liquide d'une température minimale de 60 °C. Une pression de $1 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ au-dessus de la pression maximale de service doit être appliquée à l'intérieur de la traversée aussitôt après le remplissage et maintenue pendant au moins 12 h.

Dans le cas de traversées à soufflet interne, la pression doit être spécifiée par le fournisseur.

Acceptation:

La traversée est considérée comme ayant satisfait à l'essai si aucune fuite n'est constatée. La méthode de détection doit être celle de la CEI 68-2-17, article C.2 de l'annexe C.

Il est recommandé d'effectuer un essai d'étanchéité préliminaire sur les composants pour lesquels un tel essai est considéré comme utile. Il peut être nécessaire de prêter une attention particulière aux traversées dont une extrémité ou les deux sont destinées à être immergées dans un milieu gazeux.

8.8 *Essai d'étanchéité des traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse ou imprégnées de gaz*

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées à remplissage de gaz, à isolation gazeuse et imprégnées de gaz conformes aux paragraphes 2.4 à 2.6 et 2.17 à 2.19.

Dans le cas des traversées à isolation gazeuse destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un appareil à isolation gazeuse et dont le montage est destiné à être réalisé sur place, il est admis de remplacer l'essai d'étanchéité sur la traversée montée par un essai d'étanchéité sur chaque composant complété par un essai d'étanchéité sur chaque élément d'étanchéité. La méthode à appliquer à l'élément d'étanchéité doit faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La traversée doit être montée comme dans ses conditions de service normal et remplie de gaz à la pression maximale de service à la température ambiante. La traversée doit être protégée par une enveloppe, par exemple un sac en plastique. La concentration de gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée deux fois, avec un intervalle égal ou supérieur à 2 h.

Il est conseillé de réaliser un essai d'étanchéité préliminaire sur ces composants, pour lesquels un tel essai est considéré comme utile.

8.7 Tightness test on liquid-filled, compound-filled and liquid-insulated bushings

Applicability:

The test is applicable to all liquid-filled or compound-filled and liquid-insulated bushings according to 2.2 and 2.3, except those bushings of which the liquid filling has a viscosity equal to or greater than

$5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ at 20 °C.

Test method and requirements:

The bushing shall be assembled as for normal operation, filled with the liquid specified at ambient temperature of not less than 10 °C, except bushings for transformers, which shall be filled with the liquid having a minimum temperature of 60 °C. A pressure of 1 bar $\pm$ 0,1 bar above the maximum operating pressure shall be applied inside the bushing as soon as possible after filling and maintained for at least 12 h.

For bushings with internal bellows, the pressure shall be stated by the supplier.

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 68-2-17, annex C, clause C.2.

It is advisable to carry out a preliminary tightness test on components for which the test is considered useful. Special consideration may be necessary for bushings, one or both ends of which are intended to be immersed in a gaseous medium.

8.8 Tightness test on gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings

Applicability:

The test is applicable to all gas-filled, gas-insulated and gas-impregnated bushings, according to 2.4 to 2.6 and 2.17 to 2.19.

For gas-insulated bushings, which are intended to form an integral part of gas-insulated equipment, and of which assembly is intended to be achieved on site, it is permitted to replace the tightness test on the assembled bushing by a tightness test on each component, completed by a tightness test on each sealing assembly. The sealing assembly method shall be agreed upon between purchaser and supplier.

Test method and requirements:

The bushings shall be assembled as for normal operation and filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The bushing shall be enclosed in an envelope, for example a plastic bag. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval of equal to or greater than 2 h.

It is advisable to carry out a preliminary tightness test on such components as is considered useful.

Acceptation:

La traversée doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai si la fuite de gaz calculée est égale ou inférieure à 1 % par an de la quantité de gaz contenue dans la traversée.

8.9 Essai d'étanchéité de la bride ou autre dispositif de fixation

Applicabilité:

L'essai est applicable à toutes les traversées partiellement ou totalement immergées conformes aux paragraphes 2.17 à 2.19 destinées à être utilisées comme partie intégrante d'un matériel, tel que l'appareillage ou les transformateurs, où les traversées contribuent à l'étanchéité de l'appareil entier.

Cet essai n'est effectué que comme essai de type dans le cas de traversées ayant des joints dont la mise en position finale n'est pas effectuée par le fournisseur, par exemple le joint du capuchon supérieur des traversées pour transformateurs où le conducteur est introduit dans le tube central.

Cet essai peut être omis dans le cas de traversées pour transformateurs munies d'une bride métallique en une seule pièce, à condition que la bride ait été soumise à un essai d'étanchéité préliminaire et que la traversée ait satisfait à l'essai de type conformément à 7.8 (par exemple, traversées en papier imprégné d'huile) ou à l'essai individuel, conformément à 8.7, ou si l'extrémité destinée à être immergée n'est munie d'aucun joint.

Méthode d'essai et conditions d'exécution:

La traversée doit être montée autant que cela est nécessaire pour l'essai. L'extrémité destinée à être immergée doit être montée sur une cuve comme pour le service normal à température ambiante.

Dans le cas de traversées immergées dans l'huile, la cuve doit être remplie avec de l'air ou un autre gaz approprié à une pression relative de $1,5 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ et maintenue pendant 15 min, ou avec de l'huile à une pression relative de $1 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ maintenue pendant 12 h.

Pour les traversées immergées dans un gaz, la cuve doit être remplie de gaz à la pression de service maximale à la température ambiante. La partie extérieure de la traversée doit être protégée par une enveloppe lorsque cela est nécessaire. Les traversées contenant du liquide doivent rester vides et être munies d'une ouverture pour la libre circulation du gaz dans l'enveloppe. La concentration du gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée deux fois, avec un intervalle égal ou supérieur à 2 h.

Acceptation:

Une traversée immergée dans l'huile doit être considérée comme ayant satisfait à l'essai s'il n'y a aucune trace de fuite détectée par examen visuel (voir la CEI 68-2-17, article C.2, annexe C).

Les traversées immergées dans un gaz doivent être considérées comme ayant satisfait à l'essai si:

- pour tous les composants où le gaz de fuite se propage directement dans l'environnement, la fuite totale de gaz calculée est égale ou inférieure à 1 % par an de la quantité de gaz contenue dans le compartiment d'appareillage adjacent;

Acceptance:

The bushing shall be considered to have passed the test if the calculated escape of gas is equal to or less than 1% per year of the amount of gas contained inside the bushing.

*8.9 Tightness test at the flange or other fixing device**Applicability:*

The test is applicable to all partly or completely immersed bushings, according to 2.17 to 2.19 intended to be used as an integral part of an apparatus, such as switchgear or transformers, where the bushings contribute to the sealing of the complete apparatus.

The test shall be a type test only in the case of bushings with gaskets of which the final placing is not carried out by the supplier, for example the top cap gasket of draw-through conductor transformer bushings.

The test may be omitted for transformer bushings fitted with a one-piece metal flange, provided the flange has been subjected to a preliminary tightness test, and the bushing has passed the type test in accordance with 7.8 (for example oil-impregnated paper bushings) or the routine test in accordance with 8.7 or the end to be immersed does not include any gaskets.

Test method and requirements:

The bushing shall be assembled at least as far as necessary for the test. The end for immersion shall be mounted on a tank as for normal operation at ambient temperature.

For oil-immersed bushings, the tank shall be filled with air or any suitable gas at a relative pressure of $1,5 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ and maintained for 15 min, or with oil at a relative pressure of $1 \text{ bar} \pm 0,1 \text{ bar}$ maintained for 12 h.

For gas-immersed bushings, the tank shall be filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The external part of the bushing shall be enclosed in an envelope, where necessary. Liquid-containing bushings shall still be empty and shall have an opening for free gas circulation within the envelope. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval of equal to or greater than 2 h.

Acceptance:

An oil-immersed bushing shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage detected by visual inspection (see IEC 68-2-17, annex C, clause C.2).

Gas-immersed bushings shall be considered to have passed the test, if:

- for all parts of a bushing where the leak gas escapes directly to the environment, the calculated total escape of gas is equal to or less than 1% per year of the amount of gas contained in the adjacent switchgear compartment;

- pour tous les composants de la traversée contenant du liquide, en particulier pour les traversées à isolation liquide et en papier imprégné de gaz, où le gaz de fuite pénètre à l'intérieur de la traversée, le débit de fuite total calculé (voir 2.32) est égal ou inférieur à $0,05 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s} \times l$ ($5 \times 10^{-7} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s} \times l$), «l» étant la quantité de liquide à l'intérieur de la traversée, en litres;
- pour tous les composants de la traversée dont l'une des extrémités est destinée à un transformateur où le gaz de fuite pénètre directement dans le transformateur, le débit de fuite total calculé (voir 2.32) est égal ou inférieur à $10 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s}$ ($10^{-4} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$).

8.10 Examen visuel et vérification des dimensions

Applicabilité:

L'examen visuel est applicable à tous les types de traversées et doit être effectué sur la totalité des traversées avant livraison. Il doit être effectué sur chaque traversée.

Acceptation:

Il ne doit être toléré aucun défaut de surface susceptible d'entraver le fonctionnement correct durant le service.

Les dimensions des composants destinés au montage et/ou à l'interconnexion doivent être conformes aux plans appropriés, vérifiés par échantillonnage.

9 Prescriptions et essais des traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation composite

Cet article s'applique à toutes les traversées dont l'isolation principale est assurée par de la céramique, du verre ou autres matériaux inorganiques analogues, de la résine coulée ou moulée, ou dont l'isolation est composite, conformément aux définitions de 2.10 à 2.12.

9.1 Conditions thermiques

Les traversées pouvant être amenées à supporter le processus de séchage de l'appareillage sur lequel elles sont montées, elles doivent être capables de supporter une température de 140°C pendant 12 h sans subir de dommages mécaniques ou électriques, aucune contrainte mécanique extérieure n'étant appliquée.

9.2 Niveau du milieu d'immersion

Dans le cas des traversées pour transformateurs, le fournisseur doit spécifier la profondeur minimale du milieu d'immersion.

9.3 Marques d'identification

Chaque traversée doit comporter les marques d'identification suivantes:

- 9.3.1 Nom ou marque du fournisseur
- 9.3.2 Année de fabrication
- 9.3.3 Type ou ligne de fuite minimale nominale ou tension assignée (U_f)
- 9.3.4 Courant assigné (I_f) ou courant maximal si la traversée est fournie sans conducteur.

Note – Il peut être parfois difficile d'indiquer toutes les marques ci-dessus sur les petites traversées et, dans ce cas, d'autres marques peuvent faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur.

Un exemple de plaque d'identification est donné figure 3.

- for all parts of a liquid-containing bushing, especially liquid-insulated and oil-impregnated paper bushings, where the leak gas penetrates into the inside of the bushing the calculated total leak rate (see 2.32) is equal to or less than $0,05 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s} \times l$ ($5 \times 10^{-7} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s} \times l$), "l" being the quantity of liquid inside the bushing in litres;
- for all parts of a bushing, the other end of which is designed for a transformer, where the leak gas penetrates directly into the transformer the calculated total leak rate (see 2.32) is equal to or less than $10 \text{ Pa} \times \text{cm}^3/\text{s}$ ($10^{-4} \text{ bar} \times \text{cm}^3/\text{s}$).

8.10 Visual inspection and dimensional check

Applicability:

The inspections are applicable to all types of bushings and shall be made on the complete bushings before release. The visual inspection shall be made on each bushing.

Acceptance:

No surface defects shall be tolerated which could affect the satisfactory performance in service.

Dimensions of parts for assembling and/or interconnection shall be in accordance with the relevant drawings, checked by sampling.

9 Requirements and tests for bushings of rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation

This clause is applicable to all bushings of which the major insulation consists of ceramic, glass or analogous inorganic materials, cast and moulded resin, or composite insulation, as defined in 2.10 to 2.12.

9.1 Temperature requirements

Bushings, which may be required to withstand the drying process of the apparatus on which they are mounted, shall be able to withstand a temperature of 140 °C for 12 h without mechanical or electrical damage, provided that no external forces are applied.

9.2 Level of immersion medium

For transformer bushings, the supplier shall specify the minimum depth of immersion medium.

9.3 Markings

Each bushing shall carry the following marking:

- 9.3.1 Supplier's name or trade mark
- 9.3.2 Year of manufacture
- 9.3.3 Type or minimum nominal creepage distance or rated voltage (U_r)
- 9.3.4 Rated current (I_r) or maximum current if the bushing is supplied without conductor.

NOTE – It may be sometimes difficult to provide all the above markings on small bushings and in this case other markings may be agreed between supplier and purchaser.

An example of a marking plate is given in figure 3.

9.4 Conditions d'exécution des essais

Les conditions d'essai et les prescriptions doivent être conformes aux articles 6, 7 et 8. Les références au paragraphe approprié sont données entre parenthèses.

9.4.1 Essais de type

Les essais sont applicables à toutes les traversées.

Pour les traversées conformes à 2.20, les valeurs d'essai de tenue à la flexion sont réduites (voir 9.4.1.5).

Le cas échéant, il faut s'assurer que l'extrémité destinée à recevoir la partie mobile est en mesure de résister à la tension d'essai considérée.

- 9.4.1.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (7.1)
- 9.4.1.2 Essai de tenue à la tension de choc de foudre à sec (7.2)
- 9.4.1.3 Essai d'échauffement (7.5)
- 9.4.1.4 Vérification de la tenue au courant thermique de courte durée (7.6)
- 9.4.1.5 Essai de tenue à la flexion (7.7)
- 9.4.1.6 Vérification des dimensions (7.11).

9.4.2 Essais individuels

Ces essais sont applicables à toutes les traversées, sauf aux traversées en céramique et en verre (2.10), pour lesquelles seul 9.4.2.4 est applicable.

- 9.4.2.1 Essai de tenue sous tension à fréquence industrielle à sec (8.3)
- 9.4.2.2 Mesure de l'intensité des décharges partielles (8.4)
- 9.4.2.3 Essai de l'isolement des prises (8.5), si celui-ci est applicable
- 9.4.2.4 Examen visuel et vérification des dimensions (8.10)

Les tableaux 11 et 13 indiquent l'applicabilité des essais aux différents types de traversées.

9.4 Test requirements

The test conditions and requirements shall be equivalent to clauses 6, 7 and 8. Reference is made in parenthesis to the relevant subclause.

9.4.1 Type tests

The tests are applicable to all bushings.

For bushings according to 2.20 cantilever withstand load test values are reduced (see 9.4.1.5).

For these bushings precautions shall be taken to ensure that the end which is designed to receive the movable part will withstand the relevant test voltage, where applicable.

- 9.4.1.1 Dry or wet power-frequency voltage withstand test (7.1)
- 9.4.1.2 Dry lightning impulse voltage withstand test (7.2)
- 9.4.1.3 Temperature rise test (7.5)
- 9.4.1.4 Verification of thermal short-time current withstand (7.6)
- 9.4.1.5 Cantilever load withstand test (7.7)
- 9.4.1.6 Verification of dimensions (7.11).

9.4.2 Routine tests

The tests are applicable to all bushings except for ceramic and glass bushings (2.10), where only 9.4.2.4 is applicable.

- 9.4.2.1 Dry power-frequency voltage withstand test (8.3)
- 9.4.2.2 Measurement of the partial discharge quantity (8.4)
- 9.4.2.3 Tests of tap insulation (8.5), if applicable
- 9.4.2.4 Visual inspection and dimensional check (8.10)

Tables 11 and 13 show the applicability of the tests to the various types of bushings.

RAISON SOCIALE DU FABRICANT, ville, pays			
Année	N°		
U_r kV	I_r A	f_r Hz	
BIL..... kV	SILkV	AC	kV
Masse..... kg	Angle max. par rapport à la verticale		degrés

Informations complémentaires pour les traversées à remplissage à gaz, immergées dans un gaz et imprégnées de gaz:

Type de gaz
Pression minimale du gaz à 20 °C bar relatifs

Figure 1 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées supérieures à 100 kV (voir 5.2)

RAISON SOCIALE DU FABRICANT, ville, pays			
Année	N°		
U_r kV	I_r A	f_r Hz	

Figure 2 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 100 kV, sauf les traversées auxquelles s'applique la figure 3 (voir 5.2)

RAISON SOCIALE DU FABRICANT, ville, pays		
Année	U_r kV	I_r A

Figure 3 – Plaque d'identification pour les traversées de tensions assignées inférieures ou égales à 52 kV constituées de céramique, de verre ou de matériaux inorganiques, de résine ou d'isolation composite (voir 9.3)

MANUFACTURER, town, country		
Year	No.	.
U_r kV	I_r A	f_r Hz
BIL kV	SIL kV	AC kV
Mass kg	Max. angle to vertical degree	

in addition for gas-filled, gas-insulated, gas-immersed and gas-impregnated bushings:

Type of gas	
Min. pressure of gas at 20 °C	bar gauge

Figure 1 – Marking plate for bushings for rated voltages greater than 100 kV
(see 5.2)

MANUFACTURER, town, country		
Year	No.	.
U_r kV	I_r A	f_r Hz

Figure 2 – Marking plate for bushings for rated voltages equal to or less than 100 kV, except for bushings for which figure 3 is applicable (see 5.2)

MANUFACTURER, town, country		
Year	U_r kV	I_r A

Figure 3 – Marking plate for bushings for rated voltages equal to or less than 52 kV made of ceramic, glass or inorganic materials, resin or composite insulation (see 9.3)

Tableau 1 – Valeurs minimales de la tenue à la flexion (voir 3.5 et 7.7)

Tension assignée U_r	Courant assigné A							
	≤ 800		1 000 1 600		2 000 2 500		$\geq 3 150$	
kV								
	Charge de flexion de service N							
	Traversées installées $\leq 30^\circ$ par rapport à la verticale							
	I	II	I	II	I	II	I	II
≤ 36	500	500	625	625	1 000	1 000	1 575	1 575
52	500	800	625	800	1 000	1 250	1 575	1 575
72,5 à 100	500	1 000	625	1 000	1 000	1 575	2 000	2 000
123 à 145	625	1 575	800	1 575	1 250	2 000	2 000	2 000
170 à 245	625	2 000	800	2 000	1 250	2 500	2 000	2 500
≥ 300	1 250	2 000	1 250	2 000	1 575	2 500	2 500	2 500
	Traversées installées $> 30^\circ$ par rapport à la verticale							
	I	II	I	II	I	II	I	II
≤ 36	300	300	375	375	600	600	945	945
52	300	480	375	480	600	750	945	945
72,5 à 100	300	600	375	600	600	945	1 200	1 200
123 à 145	375	945	480	945	750	1 200	1 200	1 200
170 à 245	375	1 200	480	1 200	750	1 500	1 200	1 500
≥ 300	750	1 200	750	1 200	945	1 500	1 500	1 500
	Charge d'essai à la flexion N							
	I	II	I	II	I	II	I	II
≤ 36	1 000	1 000	1 250	1 250	2 000	2 000	3 150	3 150
52	1 000	1 600	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	3 150
72,5 à 100	1 000	2 000	1 250	2 000	2 000	3 150	4 000	4 000
123 à 145	1 250	3 150	1 600	3 150	2 500	4 000	4 000	4 000
170 à 245	1 250	4 000	1 600	4 000	2 500	5 000	4 000	5 000
≥ 300	2 500	4 000	2 500	4 000	3 150	5 000	5 000	5 000

NOTES

- 1 Niveau I = charge normale, niveau II = charge plus sévère.
- 2 La traversée doit supporter la charge de service à la flexion dans toutes les directions.
- 3 Pour les traversées qui ne sont pas en céramique, le rapport de tenue à la flexion en essais et en service doit fait l'objet d'une évaluation particulière.
- 4 Pour les traversées pour lesquelles les enveloppes isolantes supérieure et inférieure sont assemblées par effort de serrage sur le conducteur central, il est recommandé de choisir l'effort de flexion en tenant compte de la dilatation thermique du conducteur due au passage du courant assigné.

Table 1 – Minimum values of cantilever withstand load
(see 3.5 and 7.7)

Rated voltage U_r kV	Rated current A							
	≤ 800		1 000 1 600		2 000 2 500		$\geq 3 150$	
	Cantilever operating load N							
≤ 36 52 72,5 to 100 123 to 145 170 to 245 ≥ 300	Bushing installed $\leq 30^\circ$ from the vertical							
	I	II	I	II	I	II	I	II
	500	500	625	625	1 000	1 000	1 575	1 575
	500	800	625	800	1 000	1 250	1 575	1 575
	500	1 000	625	1 000	1 000	1 575	2 000	2 000
	625	1 575	800	1 575	1 250	2 000	2 000	2 000
	625	2 000	800	2 000	1 250	2 500	2 000	2 500
	1 250	2 000	1 250	2 000	1 575	2 500	2 500	2 500
	≤ 36 52 72,5 to 100 123 to 145 170 to 245 ≥ 300	Bushing installed $>30^\circ$ from the vertical						
I		II	I	II	I	II	I	II
300		300	375	375	600	600	945	945
300		480	375	480	600	750	945	945
300		600	375	600	600	945	1 200	1 200
375		945	480	945	750	1 200	1 200	1 200
375		1 200	480	1 200	750	1 500	1 200	1 500
750		1 200	750	1 200	945	1 500	1 500	1 500
≤ 36 52 72,5 to 100 123 to 145 170 to 245 ≥ 300		Cantilever test load N						
	I	II	I	II	I	II	I	II
	1 000	1 000	1 000	1 250	2 000	2 000	3 150	3 150
	1 000	1 600	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	3 150
	1 000	2 000	1 250	2 000	2 000	3 150	4 000	4 000
	1 250	3 150	1 600	3 150	2 500	4 000	4 000	4 000
	1 250	4 000	1 600	4 000	2 500	5 000	4 000	5 000
	2 500	4 000	2 500	4 000	3 150	5 000	5 000	5 000

NOTES

- Level I = normal load, level II = heavy load.
- The bushing shall withstand the cantilever operation load in any direction.
- For non-ceramic bushings the ratio between the test and operating cantilever load values shall be subject to special evaluation.
- For bushings where upper and lower insulating envelopes are assembled by clamping force on the central fixing conductor, it is recommended to choose the cantilever test load taking into account the thermal expansion of the conductor due to the rated current flow.

**Tableau 2 – Valeurs maximales de la température et des échauffements
au-dessus de la température de l'air ambiant (voir 3.8)**

Description du composant		Echauffement maximal K	Température maximale °C	Commentaires Note 1
Contacts à ressort	Cuivre et alliage en cuivre, nus			Note 4
	- dans l'air	45	75	
	- dans le SF ₆	60	90	
	- dans l'huile	50	80	Note 2
	Étamés, dans l'air, dans le SF ₆ ou dans l'huile	60	90	
Contacts vissés	Argentés ou nickelés	75	105	
	- dans l'air ou le SF ₆	60	90	Note 2
	- dans l'huile			
	Cuivre, aluminium et leurs alliages, nus			
	- dans l'air	60	90	
	- dans le SF ₆	75	105	
	- dans l'huile	70	100	Note 2
	Étamés,			
	- dans l'air ou dans le SF ₆	75	105	
	- dans l'huile	70	100	Note 2
Extrémités raccordées à des conducteurs extérieurs par des vis ou des boulons	Argentés ou nickelés			
	- dans l'air ou dans le SF ₆	85	115	
	- dans l'huile	70	100	Note 2
	Cuivre, aluminium et leurs alliages,			
	- nues	60	90	
Pièces métalliques en contact avec	- étamées	75	105	
	- argentées ou nickelées	75	105	Note 3
	Classe d'isolation			
	- A (OIP)	75	105	
	- E (RBP et RIP)	90	120	
NOTES 1 Les valeurs d'échauffement sont basées sur la CEI 943 avec une température maximale journalière moyenne de 30 °C. Pour d'autres informations, il convient de se référer à la CEI 943, tableau VI. 2 Pour les liquides isolants synthétiques (silicone, esters), des valeurs plus élevées peuvent faire l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur. 3 Si une forte oxydation est prévisible, l'échauffement doit être limité à 50 K. 4 Un contact à ressort est une connexion maintenue par la pression d'un ressort, par exemple un contact embrochable.				