IEC 60071-11

Edition 1.0 2022-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Insulation co-ordination – Part 11: Definitions, principles and rules for HVDC system

Coordination de l'isolement – Partie 11: Définitions, principes et règles relatifs au réseau CCHT

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 29.080.30

ISBN 978-2-8322-6026-5

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 8
4 Symbols and abbreviations 13
4.1 General 13
4.2 Subscripts 14
4.3 Letter symbols 14
4.4 Abbreviations 15
5 Principles of insulation co-ordination 15
5.1 General 15
5.2 Essential differences between AC and DC systems 15
5.3 Insulation co-ordination procedure 16
5.4 Differences of withstand voltage selection in AC and DC systems 16
6 Design procedure of insulation co-ordination 18
6.1 General 18
6.2 Arrester characteristics 18
6.3 Insulation characteristics 18
6.4 Determination of the representative overvoltages (U_{rp}) 18
6.5 Determination of the co-ordination withstand voltages (U_{cw}) 19
6.6 Determination of the required withstand voltages (U_{rw}) 19
6.7 Determination of the specified withstand voltage (U_{w}) 21
7 Requirements for withstand voltage tests 21
8 Creepage distances 21
8.1 General 21
8.2 Base voltage for creepage distance 22
8.3 Creepage distance for outdoor insulation under DC voltage 22
8.4 Creepage distance for indoor insulation under DC or mixed voltage 22
8.5 Creepage distance of AC insulators 22
9 Clearances in air 23
Annex A (informative) Typical HVDC converter station schemes 24
Annex B (informative) Example of air clearances calculation 28
B.1 Introductory remarks 28
B.2 Calculated minimum air clearance for switching impulse stress 28
B.2.1 General 28
B.2.2 Example calculation 29
B.3 Calculated minimum air clearance for lightning impulse stress 29
B.3.1 General 29
B.3.2 Example calculation 30
Annex C (normative) Example of typical DC voltages with possible insulation levels and corresponding air clearances 31
C.1 Introductory remarks 31
C.2 List of typical DC voltagesand possible insulation levels 31

C.3 Example of presumed switching impulse insulation levels and minimum air clearances 31
C.4 Example of presumed lightning impulse insulation levels and minimum air clearances 33
C.5 Possible/Presumed specified DC withstand voltages 33
C.5.1 General 33
C.5.2 Specified DC withstand voltages 34
C.5.3 List of specified power frequency withstand voltages 34
Annex D (informative) Typical arrester characteristics 35
Annex E (informative) The Correlation of clauses between IEC 60071-11 and IEC 60071-5:2014 36
Bibliography 37

Figure 1 – Comparison of the selection between withstand voltages for AC equipment and for HVDC converter station equipment 17
Figure A.1 – Possible arrester locations in one pole of bipole LCC converter station with 12-pulse converters in series 25
Figure A.2 – Possible arrester locations in one pole of bipolar of VSC converter stations 26
Figure A.3 – Possible arrester locations in symmetrical monopole VSC converter stations 26
Figure D.1 – Typical arrester V-I characteristics 35

Table 1 – Classes and shapes of overvoltages, standard voltage shapes and standard withstand voltage tests 9
Table 2 – Comparison of the insulation co-ordination procedure of AC and DC systems 16
Table 3 – Indicative values of ratios of required impulse withstand voltage to impulse protective level 20
Table A.1 – Symbol description 27
Table C.1 – Typical DC voltages and switching/lightning impulse withstand voltage 32
Table C.2 – Correlation between presumed rated switching impulse withstand voltages and minimum phase-to-earth air clearances 33
Table C.3 – Correlation between presumed rated lightning impulse withstand voltages and minimum phase-to-earth air clearances 34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

INSULATION CO-ORDINATION –

Part 11: Definitions, principles and rules for HVDC system

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60071-11 has been prepared by IEC technical committee 99: Insulation co-ordination and system engineering of high voltage electrical power installations above 1,0 kV AC and 1,5 kV DC. It is an International Standard.

This international standard replaces, in conjunction with IEC 60071-12, IEC 60071-5 published in 2014.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 60071-5:2014:

a) This standard applies to both LCC and VSC HVDC systems whereas IEC 60071-5 only dealt with LCC HVDC system;
b) Annex C (normative) gives the recommended specified withstand voltage (LI and SI);
c) Annex C (normative) gives the minimum air clearances;
d) Annex E shows the correlation of clauses between this standard and IEC 60071-5:2014.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
99/374/FDIS	99/394/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60071 series, published under the general title *Insulation co-ordination*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

As the demand for electrical energy is growing, more and more HVDC projects have appeared, and the voltage up to ±1 100 kV so far. However, the nominal voltage, nominal current and insulation levels for HVDC system are not yet as standardized as the AC system.

In October 2016, IEC Technical Committee 28 (Insulation co-ordination) established AHG 8 (Ad hoc group 8) to make the roadmap for HVDC system insulation co-ordination standards.

After IEC TC 28 was merged into IEC TC 99 in 2017, JWG 13 (Joint working group 13) was built by IEC TC 99 and TC 115 and was responsible for making the series standards for HVDC system according to the approved roadmap, as follows:

a) Part 11: Definitions, principles and rules for HVDC system;

b) Part 12: Application guidelines for LCC HVDC converter stations;

c) Part 13: Application guidelines for VSC HVDC converter stations;

d) Part 14: Insulation co-ordination for AC/DC filters;

e) Part 15: Insulation co-ordination for DC transmission lines.

INSULATION CO-ORDINATION –

Part 11: Definitions, principles and rules for HVDC system

1 Scope

This part of IEC 60071 applies to high-voltage direct current (HVDC) systems. It specifies the principles on the procedures for the determination of the specified withstand voltages, creepage distance and air clearances for the equipment and the installations of these systems.

This document gives the insulation co-ordination principles related to line commutated converter (LCC) and voltage sourced converters (VSC) HVDC systems. The main principles of this document also apply to other special converter configurations of LCC, such as the capacitor commutated converter (CCC) as well as the controlled series compensated converter (CSCC), etc.

This document applies to insulation co-ordination of equipment connected between the converter AC bus (including the AC harmonic filters, the converter transformer, the circuit breakers) and the DC line side. The line and cable terminations in so far as they influence the insulation co-ordination of converter station equipment are also covered.

This document applies only for HVDC applications in power systems and not for industrial conversion equipment. Principles and guidance given are for insulation co-ordination purposes only. The requirements for human safety are not covered by this document.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:2019, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2:2018, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guidelines*

IEC 60099-4:2014, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC TS 60815-2:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems*

IEC TS 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 42
INTRODUCTION 44
1 Domaine d'application 45
2 Références normatives 45
3 Termes et définitions 46
4 Symboles et abréviations 52
4.1 Généralités 52
4.2 Indices 52
4.3 Symboles littéraux 53
4.4 Abréviations 53
5 Principes relatifs à la coordination de l'isolement 54
5.1 Généralités 54
5.2 Différences fondamentales entre les réseaux à courant alternatif et à courant continu 54
5.3 Procédure de coordination de l'isolement 55
5.4 Différences relatives au choix de la tension de tenue dans les réseaux à courant alternatif et à courant continu 55
6 Procédure de conception de la coordination de l'isolement 57
6.1 Généralités 57
6.2 Caractéristiques des parafoudres 57
6.3 Caractéristiques de l'isolation 58
6.4 Détermination des surtensions représentatives (U_{rp}) 58
6.5 Détermination des tensions de tenue de coordination (U_{cw}) 58
6.6 Détermination des tensions de tenue exigées (U_{rw}) 59
6.7 Détermination de la tension de tenue spécifiée (U_{w}) 60
7 Exigences relatives aux essais de tension de tenue 60
8 Lignes de fuite 61
8.1 Généralités 61
8.2 Tension de base pour la ligne de fuite 61
8.3 Ligne de fuite pour l'isolation extérieure sous tension en courant continu 61
8.4 Ligne de fuite pour l'isolation intérieure sous tension en courant continu ou tension mixte 62
8.5 Ligne de fuite des isolateurs en courant alternatif 62
9 Distances d'isolement dans l'air 62
B.1 Remarques préliminaires 67
B.2 Distance minimale calculée d'isolement dans l'air pour la contrainte d'un choc de manœuvre 67
B.2.1 Généralités 67
B.2.2 Exemple de calcul 68
B.3 Distance minimale calculée d'isolement dans l'air pour la contrainte d'un choc de foudre 68
B.3.1 Généralités 68
B.3.2 Exemple de calcul 69
C.1 Remarques préliminaires 70
C.2 Liste des tensions en courant continu types et des niveaux d'isolement possibles 70

C.3 Exemples de niveaux d'isolement et de distances minimales d'isolement dans l'air présumés contre les chocs de manœuvre 70
C.4 Exemples de niveaux d'isolement et de distances minimales d'isolement dans l'air présumés contre les chocs de foudre 72
C.5 Tensions de tenue spécifiées possibles/présumées en courant continu 73
C.5.1 Généralités 73
C.5.2 Tensions de tenue spécifiées en courant continu 73
C.5.3 Liste des tensions de tenue à fréquence industrielle spécifiées 73
Bibliographie 76

Figure 1 – Comparaison des tensions de tenue pour le matériel à courant alternatif et le matériel du poste de conversion CCHT 56
Figure A.1 – Emplacements possibles des parafoudres dans un pôle de poste de conversion commuté par le réseau bipolaire avec des convertisseurs dodécaphasés montés en série 65
Figure A.2 – Emplacements possibles des parafoudres dans un pôle de postes de conversion à source de tension bipolaires 65
Figure A.3 – Emplacements possibles des parafoudres dans des postes de conversion à source de tension monopolaires symétriques 66
Figure D.1 – Caractéristiques tension-intensité d'un parafoudre 74

Tableau 1 – Classes et formes de surtensions, formes de tensions normalisées et essais de tension de tenue normalisée 47
Tableau 2 – Comparaison de la procédure de coordination de l'isolement pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu 55
Tableau 3 – Valeurs indicatives des rapports entre la tension de tenue exigée au choc et le niveau de protection aux chocs 60
Tableau A.1 – Description des symboles 66
Tableau C.1 – Tensions en courant continu types et tension de tenue aux chocs de manœuvre/foudre 71
Tableau C.2 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées présumées au choc de manœuvre et les distances minimales d'isolement dans l'air phase-terre 72
Tableau C.3 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées présumées au choc de foudre et les distances minimales d'isolement dans l'air phase-terre 73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

COORDINATION DE L'ISOLEMENT –

Partie 11: Définitions, principes et règles relatifs au réseau CCHT

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60071-11 a été établie par le comité d'études 99 de l'IEC: Installations électriques de tension supérieure à 1,0 kV en courant alternatif et 1,5 kV en courant continu: Coordination de l'isolement et conception. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette Norme internationale remplace, conjointement avec l'IEC 60071-12, l'IEC 60071-5 parue en 2014.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 60071-5:2014:

a) la présente norme s'applique aux réseaux CCHT LCC et VSC, tandis que l'IEC 60071-5 concernait uniquement le réseau CCHT LCC;
b) l'Annexe C (normative) fournit la tension de tenue spécifiée recommandée (LI et SI);
c) l'Annexe C (normative) fournit les distances minimales d'isolement dans l'air;

d) l'Annexe E indique la correspondance entre les articles/paragraphes de la présente norme et ceux de l'IEC 60071-5:2014.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
99/374/FDIS	99/394/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60071, publiées sous le titre général *Coordination de l'isolement*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

A l'heure où la demande en énergie électrique augmente, de plus en plus de projets CCHT voient le jour, avec une tension jusqu'à présent inférieure ou égale à ±1 100 kV. Toutefois, le degré de normalisation de la tension nominale, du courant nominal et des niveaux d'isolement des réseaux CCHT n'est pas encore équivalent à celui des réseaux à courant alternatif.

En octobre 2016, le comité d'études 28 de l'IEC (Coordination de l'isolement) a établi le groupe ad hoc 8 (AHG 8) afin d'élaborer la feuille de route relative aux normes de coordination de l'isolement des réseaux CCHT.

Après la fusion en 2017 du comité d'études 28 et du comité d'études 99 de l'IEC, le groupe de travail mixte 13 (JWG 13) a été établi par le comité d'études 99 et le comité d'études 115 de l'IEC, et a été chargé d'élaborer, conformément à la feuille de route approuvée, la série suivante de normes relatives au réseau CCHT:

a) Partie 11: Définitions, principes et règles relatifs au réseau CCHT;

b) Partie 12: Lignes directrices en matière d'application pour stations de conversion à courant continu haute tension (CCHT) munies de convertisseurs commutés par le réseau (LCC);

c) Partie 13: Lignes directrices en matière d'application pour stations de conversion à courant continu haute tension (CCHT) munies de convertisseurs commutés par le réseau (VSC);

d) Part 14: Insulation co-ordination for AC/DC filters (disponible en anglais seulement);

e) Part 15: Insulation co-ordination for DC transmission lines (disponible en anglais seulement).

COORDINATION DE L'ISOLEMENT –

Partie 11: Définitions, principes et règles relatifs au réseau CCHT

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60071 s'applique aux réseaux à courant continu à haute tension (CCHT). Elle spécifie les principes relatifs aux procédures de détermination des tensions de tenue spécifiées, de la ligne de fuite et des distances d'isolement dans l'air pour l'équipement et l'installation de ces réseaux.

Le présent document donne les principes de coordination de l'isolement relatifs aux réseaux CCHT qui comportent des convertisseurs commutés par le réseau (LCC) et des convertisseurs à source de tension (VSC). Les principes fondamentaux du présent document s'appliquent également à d'autres configurations spécifiques de LCC, comme le convertisseur à condensateur commuté (CCC), le convertisseur à condensateurs en série contrôlés (CCSC), etc.

Le présent document s'applique à la coordination de l'isolement du matériel raccordé entre la barre à courant alternatif du convertisseur (y compris les filtres d'harmoniques côté courant alternatif, le transformateur convertisseur, les disjoncteurs) et le côté courant continu. Il traite également des terminaisons de lignes et de câbles, en raison de leur incidence sur la coordination de l'isolement du matériel des postes de conversion.

Le présent document ne s'applique qu'aux applications CCHT dans les réseaux d'alimentation, et non au matériel de conversion à usage industriel. Les principes et les recommandations ne sont fournis que dans le cadre de la coordination de l'isolement. Les exigences relatives à la sécurité des personnes ne sont pas traitées dans le présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60071-1:2019, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60071-2:2018, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Lignes directrices en matière d'application*

IEC 60099-4:2014, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

IEC TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 60815-2:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)