IEC 60076-11

Edition 2.0 2018-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Power transformers – Part 11: Dry-type transformers

Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-5910-8

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....6
1 Scope....8
2 Normative references....8
3 Terms and definitions....9
4 Service conditions....10
4.1 General....10
4.2 Normal service conditions....10
4.3 Electromagnetic compatibility (EMC)....11
5 Rating and general requirements....12
5.1 General....12
5.2 Rated power....12
5.2.1 General....12
5.2.2 Definition of the rated power with fans cooling or heat exchangers....12
5.2.3 Transformer IP00 (without enclosure)....12
5.2.4 Transformer with enclosure....12
5.2.5 Preferred values of rated power....13
5.2.6 Loading beyond rated power....13
5.3 Provision for unusual service conditions....13
5.4 Transportation and storage....14
5.4.1 Transport limitation....14
5.4.2 Transport acceleration....14
5.4.3 Temperature and environment conditions for transport and storage....14
5.5 Rated voltage and rated frequency....15
5.5.1 Rated voltage....15
5.5.2 Rated frequency....15
5.6 Operation at higher than rated voltage....15
5.7 Highest voltage for equipment U_m and dielectric tests levels....15
5.8 Identification according to cooling method....15
5.8.1 General....15
5.8.2 Identification symbols....15
5.8.3 Arrangement of symbols....16
5.9 Guaranteed temperature rise at rated conditions....16
5.10 Additional information required for enquiry....16
5.11 Sound level....16
5.12 Components and materials....16
6 Tappings....16
7 Connections....17
8 Ability to withstand short circuit....17
9 Rating plate....17
9.1 Rating plate fitted to the transformer....17
9.2 Rating plate fitted to the transformer enclosure....18
10 Temperature-rise limits....18
10.1 Normal temperature-rise limits....18
10.2 Reduced temperature rises for transformers designed for high cooling medium temperatures or special cooling medium conditions....19

10.3 High altitude temperature rise correction....19
11 Insulation levels....19
11.1 General....19
11.2 Transformers for use at high altitudes....20
12 Climatic, environmental and fire behaviour classes....21
12.1 Climatic classes....21
12.2 Environmental classes....21
12.2.1 Transformers for indoor application with or without enclosure and for outdoor application with enclosure....21
12.2.2 Dry-type transformers without enclosure for outdoor application....22
12.3 Fire behaviour classes....22
12.4 Test criteria for climatic, environmental and fire behaviour classes....23
13 Seismic....23
13.1 General....23
13.2 General seismic class approach....24
13.2.1 Generalities....24
13.2.2 The standard amplitude method....24
13.2.3 The calculated amplitude method....25
14 Test....26
14.1 General requirements for tests....26
14.2 Routine tests....27
14.2.1 Measurement of winding resistance....27
14.2.2 Measurement of voltage ratio and check of phase displacement....27
14.2.3 Measurement of short-circuit impedance and load loss....27
14.2.4 Measurement of no-load loss and current....28
14.2.5 Applied voltage test (AV)....28
14.2.6 Induced voltage withstand test (IVW)....28
14.2.7 Partial discharge measurement....28
14.3 Type tests....30
14.3.1 Full wave lightning impulse test (LI)....30
14.3.2 Temperature-rise test....31
14.4 Special tests....34
14.4.1 Partial discharge measurement for transformers operated under a single phase line-to-earth fault condition....34
14.4.2 Measurement of sound level....35
14.4.3 Short-circuit test....35
14.4.4 Climatic tests....35
14.4.5 Environmental test....37
14.4.6 Fire behaviour test....39
14.4.7 Seismic test....45
14.4.8 Special test for transformers equipped with amorphous core....46
15 Tolerances....46
16 Protection against direct contact....47
17 Degrees of protection provided by enclosures....47
18 Earthing terminal....47
19 Information required with enquiry and order....47
Annex A (informative) Installation and safety of dry-type transformers....48
A.1 Manuals....48

A.2 Installation 48
A.2.1 General 48
A.2.2 Intrinsic safety 48
A.2.3 Installation precautions 48
A.2.4 Installation design 49
Annex B (informative) Environmental test for evaluation of outdoor transformers without enclosure 50
B.1 General 50
B.2 Salt-fog and UV-radiation chamber test 50
B.2.1 Test description 50
B.2.2 Acceptance criteria: 52
B.3 Core and clamp coating test 52
B.3.1 Test description 52
B.3.2 Acceptance criteria 52
B.4 Field test 52
B.4.1 Test description 52
B.4.2 Acceptance criteria 53
Annex C (normative) Cooling of transformer in naturally ventilated room 54
C.1 Assumptions 54
C.2 Data for the calculation of ventilation 55
C.3 Output 55
C.4 Numerical application for a 1 000 kVA transformer 56
Annex D (normative) Calculation of the losses with different reference temperatures and/or winding material 57
Bibliography 60

Figure 1 – Basic measuring circuit for the partial discharge test for a single-phase transformer 29
Figure 2 – Basic measuring circuit for the partial discharge test for a three-phase transformer 29
Figure 3 – Voltage application for routine partial discharge test 30
Figure 4 – Example of back-to-back method – Single phase 33
Figure 5 – Example of back-to-back method – Three-phase 33
Figure 6 – Voltage application for special partial discharge test 35
Figure 7 – Test chamber 41
Figure 8 – Test chamber details 42
Figure B.1 – Salt fog multi-parameter ageing cycle 51
Figure C.1 – Heat dissipation in a natural ventilated room 54

Table 1 – Letter symbols 15
Table 2 – Winding temperature-rise limits 18
Table 3 – Test voltage levels 19
Table 4 – Applied voltage level correction factor 20
Table 5 – Sequence of tests 23
Table 6 – Approximate acceleration level and performance level 25
Table 7 – Ground acceleration level (AG) 26

Table 8 – Recommended super elevation factors (K) 26
Table 9 – Direction factors (D) 26
Table 10 – Climatic class features 35
Table 11 – Environmental classes 38
Table 12 – Dimension of the chamber 40
Table B.1 – Outdoor environmental classes 50

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

POWER TRANSFORMERS –

Part 11: Dry-type transformers

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.

International Standard IEC 60076-11 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2004 and constitutes a technical revision.

The main changes with regard to the previous edition are as follows:

- Extension of the scope up to 72,5kV
- Enclosure management in regards of the performance
- Management of the dielectric and thermal features with altitude
- New climatic classes for a better adaptation of customers' need
- Establishment of the relation between location and environmental classes
- For fire behaviour classes, limitation at 1 000 kVA and process of test more robust

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 66
1 Domaine d'application 68
2 Références normatives 68
3 Termes et définitions 69
4 Conditions de service 70
4.1 Généralités 70
4.2 Conditions normales de service 70
4.3 Compatibilité électromagnétique (CEM) 72
5 Caractéristiques assignées et exigences générales 72
5.1 Généralités 72
5.2 Puissance assignée 72
5.2.1 Généralités 72
5.2.2 Définition de la puissance assignée avec refroidissement par ventilateur ou échangeurs de chaleur 72
5.2.3 Transformateur IP00 (sans enveloppe) 73
5.2.4 Transformateur avec enveloppe 73
5.2.5 Valeurs préférentielles de puissance assignée 73
5.2.6 Charge au-delà de la puissance assignée 73
5.3 Dispositions pour conditions de service exceptionnelles 73
5.4 Transport et stockage 74
5.4.1 Limitations de transport 74
5.4.2 Accélération durant le transport 75
5.4.3 Conditions de température et d'environnement pour le transport et le stockage 75
5.5 Tension assignée et fréquence assignée 75
5.5.1 Tension assignée 75
5.5.2 Fréquence assignée 75
5.6 Fonctionnement avec tension supérieure à la tension assignée 75
5.7 Tension la plus élevée pour le matériel Um et niveaux des essais diélectriques 75
5.8 Désignation suivant le mode de refroidissement 76
5.8.1 Généralités 76
5.8.2 Symboles de désignation 76
5.8.3 Disposition des symboles 76
5.9 Échauffement garanti en conditions assignées 76
5.10 Informations supplémentaires demandées à l'appel d'offres 77
5.11 Niveau de bruit 77
5.12 Composants et matériaux 77
6 Prises 77
7 Connexions 77
8 Tenue au court-circuit 77
9 Plaque signalétique 77
9.1 Plaque signalétique fixée sur le transformateur 77
9.2 Plaque signalétique fixée sur l'enveloppe du transformateur 78
10 Limites d'échauffement 78

10.1 Limites normales d'échauffement 78
10.2 Réduction des échauffements dans le cas de transformateurs prévus pour une température élevée du fluide de refroidissement ou pour des conditions spéciales du fluide de refroidissement 79
10.3 Correction d'échauffement prévue pour des altitudes élevées 80
11 Niveaux d'isolement 80
11.1 Généralités 80
11.2 Transformateurs pour utilisation à des altitudes élevées 81
12 Classes climatiques, d'environnement et de comportement au feu 81
12.1 Classes climatiques 81
12.2 Classes d'environnement 82
12.2.1 Transformateurs pour application de type intérieur avec ou sans enveloppe et pour application de type extérieur avec enveloppe 82
12.2.2 Transformateurs de type sec sans enveloppe pour application de type extérieur 83
12.3 Classes de comportement au feu 83
12.4 Critères d'essai pour les classes climatiques, d'environnement et de comportement au feu 84
13 Classe sismique 85
13.1 Généralités 85
13.2 Approche de la classe sismique générale 85
13.2.1 Généralités 85
13.2.2 Méthode à amplitude normalisée 85
13.2.3 Méthode à amplitude calculée 86
14 Essai 87
14.1 Exigences générales pour les essais 87
14.2 Essais individuels de série 88
14.2.1 Mesure de la résistance des enroulements 88
14.2.2 Mesure du rapport de tension et contrôle du déphasage 88
14.2.3 Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge 88
14.2.4 Mesure des pertes et du courant à vide 89
14.2.5 Essai de tension appliquée (AV) 89
14.2.6 Essai de tenue par tension induite (IVW) 89
14.2.7 Mesure des décharges partielles 90
14.3 Essais de type 92
14.3.1 Essai de tenue au choc de foudre pleine onde (CF) 92
14.3.2 Essai d'échauffement 93
14.4 Essais spéciaux 96
14.4.1 Mesure des décharges partielles pour les transformateurs fonctionnant en condition monophasée de défaut entre phase et terre 96
14.4.2 Mesure du niveau de bruit 97
14.4.3 Essai de tenue au court-circuit 97
14.4.4 Essais climatiques 97
14.4.5 Essai d'environnement 99
14.4.6 Essai de comportement au feu 101
14.4.7 Essai sismique 108
14.4.8 Essai spécial pour transformateurs équipés d'un noyau amorphe 109
15 Tolérances 110
16 Protection contre le contact direct 110

17 Degrés de protection procurés par les enveloppes 110
18 Bornes de mise à la terre 110
19 Information demandée à l'appel d'offre et à la commande 110
Annexe A (informative) Installation et sécurité des transformateurs de type sec 111
A.1 Manuels 111
A.2 Installation 111
A.2.1 Généralités 111
A.2.2 Sécurité intrinsèque 111
A.2.3 Précautions d'installation 112
A.2.4 Conception d'installation 112
Annexe B (informative) Essai d'environnement pour transformateurs de type extérieur sans enveloppe à des fins d'évaluation 113
B.1 Généralités 113
B.2 Essai en salle de brouillard salin et rayonnement UV 113
B.2.1 Description de l'essai 113
B.2.2 Critères d'acceptation: 115
B.3 Essai sur le revêtement du noyau et des pinces 115
B.3.1 Description de l'essai 115
B.3.2 Critères d'acceptation: 116
B.4 Essai sur site 116
B.4.1 Description de l'essai 116
B.4.2 Critères d'acceptation: 116
Annexe C (normative) Refroidissement d'un transformateur dans une salle ventilée naturellement 117
C.1 Hypothèses 117
C.2 Données pour le calcul de la ventilation 118
C.3 Sortie 118
C.4 Application numérique pour un transformateur de 1 000 kVA 119
Annexe D (normative) Calcul des pertes avec différentes températures de référence et/ou différents matériaux d'enroulement 121
Bibliographie 124

Figure 1 – Circuit de mesure de base pour l'essai des décharges partielles pour un transformateur monophasé 90
Figure 2 – Circuit de mesure de base pour l'essai des décharges partielles pour un transformateur triphasé 91
Figure 3 – Application de la tension pour l'essai individuel de série de décharges partielles 91
Figure 4 – Exemple de méthode en opposition – Monophasé 95
Figure 5 – Exemple de méthode en opposition – Triphasé 95
Figure 6 – Application de la tension pour l'essai de décharges partielles spécial 97
Figure 7 – Salle d'essai 104
Figure 8 – Détails de la salle d'essai 105
Figure B.1 – Cycle de vieillissement multiparamètre au brouillard salin 114
Figure C.1 – Dissipation thermique dans une salle à ventilation naturelle 118

Tableau 1 – Symboles littéraux 76

Tableau 2 – Limites d'échauffement d'enroulement....79
Tableau 3 – Niveaux de tension d’essai....80
Tableau 4 – Facteur de correction du niveau de tension appliquée....81
Tableau 5 – Séquence des essais....84
Tableau 6 –Niveau d’accélération approché et niveau de performance....86
Tableau 7 – Niveau d'accélération au sol (AG)....87
Tableau 8 – Facteurs d'amplification recommandés (K)....87
Tableau 9 – Facteurs de direction (D)....87
Tableau 10 – Caractéristiques des classes climatiques....97
Tableau 11 – Classes d'environnement....100
Tableau 12 – Dimensions de la salle....103
Tableau B.1 – Classes d'environnement extérieur....113

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 11: Transformateurs de type sec

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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60076-11 a été établie par le comité d'études 14 de l'IEC: Transformateurs de puissance.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2004 dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- Extension du domaine d'application jusqu'à 72,5 kV
- Prise en compte des enveloppes en ce qui concerne les performances
- Prise en compte des caractéristiques diélectriques et thermiques en fonction de l'altitude
- Nouvelles classes climatiques pour une meilleure adaptation des besoins des clients

- Établissement de la relation entre l'emplacement et les classes d'environnement
- Pour les classes de comportement au feu, limitation à 1 000 kVA et processus d'essai plus robuste
- Introduction d'une classe sismique
- Recommandations pour les transformateurs amorphes

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

FDIS	Rapport de vote
14/964/FDIS	14/972/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60076, publiée sous le titre général *Transformateurs de puissance*, 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 "http://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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 11: Transformateurs de type sec

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60076 s'applique aux transformateurs de type sec (y compris les autotransformateurs) dont les valeurs de tension la plus élevée pour le matériel sont inférieures ou égales à 72,5 kV avec au moins un enroulement fonctionnant à plus de 1,1 kV.

Le présent document ne s'applique pas aux:

- transformateurs de type sec avec un diélectrique gazeux autre que l'air;
- transformateurs monophasés de moins de 5 kVA;
- transformateurs polyphasés de moins de 15 kVA;
- transformateurs de mesure;
- transformateurs de démarrage;
- transformateurs d'essai;
- transformateurs de traction montés sur matériel roulant;
- transformateurs antidéflagrants et de mines;
- transformateurs de soudure;
- transformateurs de réglage de tension;
- petits transformateurs de puissance pour lesquels la sécurité est spécialement à prendre en compte.

Lorsqu'il n'existe pas de norme IEC pour les transformateurs mentionnés ci-dessus ou pour d'autres transformateurs spéciaux, le présent document peut être appliquée en tout ou en partie.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60068-3-3, *Essais d'environnement – Partie 3-3: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

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

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

IEC 60076-1:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement des transformateurs immergés dans le liquide*

IEC 60076-3:2013, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

IEC 60076-5, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

IEC 60076-10, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

IEC 60076-12:2008, *Transformateurs de puissance – Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de puissance de type sec*

IEC 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60332-3-10, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3-10: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Appareillage*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC TS 60815-1, *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 61378-1, *Transformateurs de conversion – Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles*

IEC 62271-202, *Appareillage à haute tension – Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension*

ISO 12944-6, *Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture – Partie 6: Essais de performance en laboratoire*