

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60076-11

Première édition
First edition
2004-05

Transformateurs de puissance –

**Partie 11:
Transformateurs de type sec**

Power transformers –

**Part 11:
Dry-type transformers**

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	8
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Conditions de service	14
4.1 Généralités	14
4.2 Conditions normales de service	14
4.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)	16
4.4 Dispositions pour conditions de service exceptionnelles	16
4.5 Conditions de transport et de stockage	18
5 Prises	18
6 Connexions	18
7 Tenue au court-circuit	18
8 Caractéristiques	20
8.1 Généralités	20
8.2 Puissance assignée	20
8.3 Valeurs préférentielles de puissance assignée	20
8.4 Fonctionnement avec tension supérieure à la tension assignée	20
8.5 Fonctionnement avec refroidissement par ventilateur	20
8.6 Fonctionnement avec enveloppe	20
9 Plaque signalétique	22
9.1 Plaque signalétique fixée sur le transformateur	22
9.2 Plaque signalétique fixée sur l'enveloppe du transformateur	22
10 Désignation suivant le mode de refroidissement	22
10.1 Symboles de désignation	22
10.2 Disposition des symboles	24
11 Limites d'échauffement	24
11.1 Limites normales d'échauffement	24
11.2 Réduction des échauffements dans le cas de transformateurs prévus pour une température élevée de l'air de refroidissement ou pour des conditions spéciales de refroidissement par air	26
11.3 Correction d'échauffement prévue pour des altitudes élevées	26
12 Niveaux d'isolement;	26
12.1 Généralités	26
12.2 Transformateurs pour utilisation à des altitudes élevées	30
13 Classes climatiques, d'environnement et de comportement au feu	30
13.1 Classes climatiques	30
13.2 Classes d'environnement	30
13.3 Classe de comportement au feu	30
13.4 Critères d'essai pour les classes climatiques, d'environnement et de comportement au feu	32
14 Prescriptions générales pour les essais	32
15 Mesure de la résistance des enroulements (essai individuel)	32

CONTENTS

FOREWORD.....	9
1 Scope.....	13
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 Service conditions	15
4.1 General	15
4.2 Normal service conditions	15
4.3 Electromagnetic compatibility (EMC)	17
4.4 Provision for unusual service conditions	17
4.5 Transport and storage conditions	19
5 Tappings	19
6 Connections	19
7 Ability to withstand short circuit	19
8 Rating	21
8.1 General	21
8.2 Rated power	21
8.3 Preferred values of rated power	21
8.4 Operation at higher than rated voltage	21
8.5 Operation with fan cooling	21
8.6 Operation in an enclosure	21
9 Rating plate	23
9.1 Rating plate fitted to the transformer	23
9.2 Rating plate fitted to the transformer enclosure	23
10 Identification according to cooling method	23
10.1 Identification symbols	23
10.2 Arrangement of symbols	25
11 Temperature-rise limits	25
11.1 Normal temperature-rise limits	25
11.2 Reduced temperature rises for transformers designed for high cooling air temperatures or special air cooling conditions	27
11.3 High altitude temperature rise correction	27
12 Insulation levels	27
12.1 General	27
12.2 Transformers for use at high altitudes	31
13 Climatic, environmental and fire behaviour classes.....	31
13.1 Climatic classes	31
13.2 Environmental classes	31
13.3 Fire behaviour classes	31
13.4 Test criteria for climatic, environmental and fire behaviour classes.....	33
14 General requirements for tests	33
15 Measurement of winding resistance (routine test)	33

16	Mesure du rapport de tension et contrôle du déphasage (essai individuel).....	34
17	Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge (essai individuel).....	34
18	Mesure des pertes et du courant à vide (essai individuel).....	34
19	Essai de tenue par tension appliquée à fréquence industrielle (essai individuel).....	34
20	Essai de tenue par tension induite à fréquence industrielle (essai individuel)	34
21	Essai au choc de foudre (essai de type)	36
22	Mesure des décharges partielles (essai de routine et spécial)	36
22.1	Généralités.....	36
22.2	Circuit de mesure de base (seulement typique)	36
22.3	Etalonnage du circuit de mesure	36
22.4	Application de la tension	38
22.5	Niveaux d'acceptation des décharges partielles	40
23	Essai d'échauffement (essai de type)	42
23.1	Généralités.....	42
23.2	Méthode de mise en charge	42
23.3	Correction d'échauffement des enroulements en cas de courant réduit	48
23.4	Détermination des conditions d'équilibre thermique	48
24	Mesure du niveau de bruit (essai spécial).....	48
25	Essai de tenue au court-circuit (essai spécial)	50
26	Essai d'environnement (essai spécial).....	50
26.1	Généralités.....	50
26.2	Validité de l'essai	50
26.3	Procédures d'essai.....	50
27	Essai climatique (essai spécial).....	52
27.1	Essai de choc thermique (essai spécial).....	52
27.2	Validité de l'essai	52
27.3	Essai de choc thermique pour transformateurs de classe C1	54
27.4	Essai de choc thermique pour transformateurs de classe C2.....	56
28	Essai de comportement au feu (essai spécial).....	56
28.1	Généralités.....	56
28.2	Contrôle de l'émission de gaz corrosifs et nocifs	56
28.3	Essai de comportement au feu pour transformateurs de classe F1	58
28.4	Quantités à mesurer et dispositifs de mesure	62
28.5	Etalonnage de la salle d'essai sans matériel en essai	62
28.6	Méthodes d'essai	62
28.7	Rapport d'essai	64
28.8	Critères pour l'évaluation des résultats d'essai.....	64
29	Tolérances	66
30	Protection contre le contact direct	66
31	Degrés de protection procurés par les enveloppes	66
32	Bornes de mise à la terre	66
33	Information demandée à l'appel d'offre et à la commande	66
Annexe A (informative) Installation et sécurité des transformateurs secs		72

16	Measurement of voltage ratio and check of phase displacement (routine test)	35
17	Measurement of short-circuit impedance and load loss (routine test)	35
18	Measurement of no-load loss and current (routine test)	35
19	Separate-source AC withstand voltage test (routine test)	35
20	Induced AC withstand voltage test (routine test)	35
21	Lightning impulse test (type test)	37
22	Partial discharge measurement (routine and special test)	37
22.1	General	37
22.2	Basic measuring circuit (typical only)	37
22.3	Calibration of the measuring circuit	37
22.4	Voltage application	39
22.5	Partial discharge acceptance levels	41
23	Temperature-rise test (type test)	43
23.1	General	43
23.2	Methods of loading	43
23.3	Winding temperature-rise correction for reduced current	49
23.4	Determination of steady state conditions	49
24	Measurement of sound level (special test)	49
25	Short-circuit test (special test)	51
26	Environmental test (special test)	51
26.1	General	51
26.2	Validity of the test	51
26.3	Testing procedure	51
27	Climatic test (special test)	53
27.1	Thermal shock test (special test)	53
27.2	Validity of the test	53
27.3	Thermal shock test for C1 class transformers	55
27.4	Thermal shock test for C2 class transformers	57
28	Fire behaviour test (special test)	57
28.1	General	57
28.2	Checking of corrosive and harmful gases emission	57
28.3	Fire behaviour test for F1 class transformer	59
28.4	Quantities to be measured and measuring devices	63
28.5	Calibration of the test chamber without test object	63
28.6	Test method	63
28.7	Test report	65
28.8	Criteria for evaluating the test results	65
29	Tolerances	67
30	Protection against direct contact	67
31	Degrees of protection provided by enclosures	67
32	Earthing terminal	67
33	Information required with enquiry and order	67
	Annex A (informative) Installation and safety of dry-type transformers	73

Figure 1 – Circuit de mesure de base pour l'essai des décharges partielles pour un transformateur monophasé	38
Figure 2 – Circuit de mesure de base pour l'essai des décharges partielles pour un transformateur triphasé.....	38
Figure 3 – Application de la tension pour l'essai de décharges partielles de routine.....	40
Figure 4 – Application de la tension pour l'essai de décharges partielles spécial	40
Figure 5 – Exemple de méthode de récupération – monophasé	46
Figure 6 – Exemple de méthode de récupération – triphasé.....	46
Figure 7 – Salle d'essai	68
Figure 8 – Détails de la salle d'essai.....	70
Tableau 1 – Symboles littéraux.....	24
Tableau 2 – Limites d'échauffement d'enroulement.....	26
Tableau 3 – Niveaux d'isolement basés sur une pratique européenne	28
Tableau 4 – Niveaux d'isolement basés sur une pratique américaine.....	28
Tableau 5 – Séquence des essais.....	32
Tableau 6 – Dimensions de la salle d'essai (voir Figures 7 et 8)	60

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-11 ed 1.0:2004

Figure 1 – Basic measuring circuit for the partial discharge test for a single-phase transformer	39
Figure 2 – Basic measuring circuit for the partial discharge test for a three-phase transformer	39
Figure 3 – Voltage application for routine partial discharge test	41
Figure 4 – Voltage application for special partial discharge test	41
Figure 5 – Example of back-to-back method – Single phase.	47
Figure 6 – Example of back-to-back method – Three-phase	47
Figure 7 – Test chamber	69
Figure 8 – Test chamber details	71
Table 1 – Letter symbols	25
Table 2 – Winding temperature-rise limits	27
Table 3 – Insulation levels based on European practice	29
Table 4 – Insulation levels based on North American practice	29
Table 5 – sequence of tests	33
Table 6 – Dimensions of test chamber (see Figures 7 and 8)	61

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-11 ed 1.0:2004

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 11: Transformateurs de type sec

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 60076-11 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette norme annule et remplace la CEI 60726 (1982) et son amendement 1 (1986).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/476/FDIS	14/484/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 standard cancels and replaces IEC 60726 (1982) and its amendment 1 (1986).

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

FDIS	Report on voting
14/476/FDIS	14/484/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

La CEI 60076 se compose des parties suivantes, sous le titre général *Transformateurs de puissance*:

- Partie 1: Généralités
- Partie 2: Echauffement
- Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air
- Partie 4: Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manœuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance
- Partie 5: Tenue au court-circuit
- Partie 6: Bobines d'inductance ¹
- Partie 7: Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile ¹
- Partie 8: Guide d'application
- Partie 10: Détermination des niveaux de bruit (disponible en anglais seulement)
- Partie 10-1: Détermination des niveaux acoustiques de transformateur et de bobine d'inductance – Guide d'utilisateur ¹
- Partie 11: Transformateurs de type sec
- Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec ¹
- Partie 13: Self protected liquid filled transformers (titre disponible en anglais seulement) ¹
- Partie 14: Guide for the design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials (titre disponible en anglais seulement) ¹
- Partie 15: Gas-filled-type power transformers (titre disponible en anglais seulement) ¹

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

¹ A l'étude.

IEC 60076 consists of the following parts, under the general title *Power transformers*:

- Part 1: General
- Part 2: Temperature rise
- Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
- Part 4: Guide to lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors
- Part 5: Ability to withstand short-circuit
- Part 6: Reactors ¹
- Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers ¹
- Part 8: Application guide
- Part 10: Determination of sound levels
- Part 10-1: Determination of transformer and reactor sound levels – User guide ¹
- Part 11: Dry-type transformers
- Part 12: Loading guide for dry-type power transformers ¹
- Part 13: Self protected liquid filled transformers ¹
- Part 14: Guide for the design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials ¹
- Part 15: Gas-filled-type power transformers ¹

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

¹ Under consideration.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 11: Transformateurs de type sec

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 s'applique aux transformateurs de type sec (y compris les autotransformateurs) ayant des valeurs de tension la plus élevée pour le matériel inférieures ou égales à 36 kV avec au moins un enroulement fonctionnant à plus de 1,1 kV. Cette norme s'applique à toutes les technologies de construction.

La présente norme 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 (voir la CEI 60044 et la CEI 60186);
- transformateurs de démarrage;
- transformateurs d'essai;
- transformateurs de traction montés sur équipement roulant;
- transformateurs antidéflagrant 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 CEI pour les transformateurs mentionnés ci-dessus ou pour d'autres transformateurs spéciaux, la présente norme peut être appliquée en tout ou en partie.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international (VEI)*

CEI 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*
Amendement 1 (1999)

CEI 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

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