

**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**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60076-11:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**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

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