

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
76-1**

Deuxième édition
Second edition
1993-03

Transformateurs de puissance

**Partie 1:
Généralités**

Power transformers

**Part 1:
General**

© CEI 1993 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 Varembé 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

CORRIGENDUM 1

Page 76

Article A.1.2:

Au point h), dans la première ligne, au lieu de

...(voir 2.1 b))...

lire

...(voir 1.2.1 b))...

Page 77

Clause A.1.2:

Item h), in the first line, instead of

...(see 2.1 b))...

read

...(see 1.2.1 b))...

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et conditions de service	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Conditions de service	10
2 Références normatives	14
3 Définitions	16
3.1 Généralités	16
3.2 Bornes et point neutre	16
3.3 Enroulements	18
3.4 Régime assigné	20
3.5 Prises	22
3.6 Pertes et courant à vide	26
3.7 Impédance de court-circuit et chute de tension	26
3.8 Echauffement	30
3.9 Isolement	30
3.10 Connexions (ou couplage)	30
3.11 Types d'essais	32
3.12 Données météorologiques concernant le refroidissement	32
4 Régime assigné	32
4.1 Puissance assignée	32
4.2 Cycle de charge	34
4.3 Valeurs préférentielles de la puissance assignée	34
4.4 Fonctionnement à une tension supérieure à la tension assignée et/ou à fréquence perturbée	34
5 Prescriptions pour les transformateurs possédant un enroulement à prises	36
5.1 Généralités – Notation d'étendue de prises	36
5.2 Tension de prise – courant de prise. Catégories standards de réglage de tension de prise. Prise à tension maximale	36
5.3 Puissance de prise. Prises à pleine puissance – prises à puissance réduite	42
5.4 Spécification des prises dans l'appel d'offres et la commande	44
5.5 Spécification de l'impédance de court-circuit	44
5.6 Pertes dues à la charge et échauffement	46
6 Symboles des couplages et des déphasages pour les transformateurs triphasés	48

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and service conditions	11
1.1 Scope	11
1.2 Service conditions	11
2 Normative references	15
3 Definitions	17
3.1 General	17
3.2 Terminals and neutral point	17
3.3 Windings	19
3.4 Rating	21
3.5 Tappings	23
3.6 Losses and no-load current	27
3.7 Short-circuit impedance and voltage drop	27
3.8 Temperature rise	31
3.9 Insulation	31
3.10 Connections	31
3.11 Kinds of tests	33
3.12 Meteorological data with respect to cooling	33
4 Rating	33
4.1 Rated power	33
4.2 Loading cycle	35
4.3 Preferred values of rated power	35
4.4 Operation at higher than rated voltage and/or at disturbed frequency	35
5 Requirements for transformers having a tapped winding	37
5.1 General – Notation of tapping range	37
5.2 Tapping voltage – tapping current. Standard categories of tapping voltage variation. Maximum voltage tapping	37
5.3 Tapping power. Full-power tappings – reduced-power tappings	43
5.4 Specification of tappings in enquiry and order	45
5.5 Specification of short-circuit impedance	45
5.6 Load loss and temperature rise	47
6 Connection and phase displacement symbols for three-phase transformers	49

7	Plaques signalétiques	52
7.1	Informations à donner dans tous les cas	52
7.2	Informations supplémentaires à donner le cas échéant	54
8	Prescriptions diverses	56
8.1	Dimensionnement de la connexion de neutre	56
8.2	Système de préservation d'huile	56
8.3	Déclenchement de la charge sur les transformateurs de groupe	56
9	Tolérances	56
10	Essais	62
10.1	Conditions générales pour les essais individuels, les essais de type et les essais spéciaux	62
10.2	Mesure de la résistance des enroulements	64
10.3	Mesure du rapport de transformation et contrôle du déphasage	66
10.4	Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge	66
10.5	Mesures des pertes et du courant à vide	68
10.6	Mesure des harmoniques du courant à vide	68
10.7	Mesures d'impédance(s) homopolaires(s) sur des transformateurs triphasés	70
10.8	Essais sur les changeurs de prises en charge	70

Annexes

A	Renseignements à fournir à l'appel d'offres et à la commande	74
B	Exemples de spécifications de transformateurs avec prises de réglage	80
C	Spécification d'impédance de court-circuit par les limites	84
D	Couplages des transformateurs triphasés	86
E	Influence de la température sur les pertes dues à la charge	92
F	Bibliographie	94

7	Rating plates	53
7.1	Information to be given in all cases	53
7.2	Additional information to be given when applicable	55
8	Miscellaneous requirements	57
8.1	Dimensioning of neutral connection	57
8.2	Oil preservation system	57
8.3	Load rejection on generator transformers	57
9	Tolerances	57
10	Tests	63
10.1	General requirements for routine, type and special tests	63
10.2	Measurement of winding resistance	65
10.3	Measurement of voltage ratio and check of phase displacement	67
10.4	Measurement of short-circuit impedance and load loss	67
10.5	Measurement of no-load loss and current	69
10.6	Measurement of the harmonics of the no-load current	69
10.7	Measurement of zero-sequence impedance(s) on three-phase transformers	71
10.8	Tests on on-load tap-changers	71

Annexes

A	Information required with enquiry and order	75
B	Examples of specifications for transformers with tapplings	81
C	Specification of short-circuit impedance by boundaries	85
D	Three-phase transformer connections	87
E	Temperature correction of load loss	93
F	Bibliography	95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Partie 1: Généralités

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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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 norme de la CEI et la norme nationale ou régionale 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.

La présente Norme internationale a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1976, ainsi que la première édition de la CEI 76-4 parue en 1976.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle de Six Mois	Rapport de vote
14(BC)75	14(BC)77

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

La CEI 76 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Transformateurs de puissance.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS

Part 1: General

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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

This International Standard has been prepared by IEC by technical committee 14: Power transformers.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1976 as well as the first edition of IEC 76-4 published in 1976.

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

Six Month's Rule	Report on Voting
14(CO)75	14(CO)77

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

IEC 76 consists of the following parts, under the general title: Power transformers.

Partie 1: 1993, Généralités.

Partie 2: 1993, Echauffement.

Partie 3: 1980, Niveaux d'isolement et essais diélectriques.

Partie 5: 1976, Tenue au court-circuit.

Les annexes A et E font partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Part 1: 1993, General.

Part 2: 1993, Temperature rise.

Part 3: 1980, Insulation levels and dielectric tests.

Part 5: 1976, Ability to withstand short circuit.

Annexes A and E form an integral part of this standard.

Annexes B, C and D are for information only.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application et conditions de service

1.1 *Domaine d'application*

La présente partie de la Norme internationale CEI 76 s'applique aux transformateurs triphasés et monophasés (y compris les autotransformateurs), à l'exception de certaines catégories de petits transformateurs et de transformateurs spéciaux, tels que:

- transformateurs de puissance assignée inférieure à 1 kVA en monophasé, et 5 kVA en triphasé;
- transformateurs de mesure;
- transformateurs pour convertisseurs statiques;
- transformateurs de traction montés sur matériel roulant;
- transformateurs de démarrage;
- transformateurs d'essais;
- transformateurs de soudure.

Lorsqu'il n'existe pas de normes de la CEI pour des catégories de transformateurs telles que celles-ci, la présente partie de la CEI 76 peut néanmoins être appliquée en tout ou partie.

Pour ces catégories de transformateurs de puissance et de bobines d'inductance qui disposent d'une norme CEI appropriée, cette partie est applicable uniquement dans la mesure où il y est fait explicitement référence dans l'autre norme*.

A plusieurs endroits dans cette partie, il est prescrit ou recommandé qu'un accord doit être obtenu concernant des solutions techniques ou des procédures additionnelles. Un tel accord sera établi entre le constructeur et l'utilisateur. Il y a lieu que ces questions soient soulevées assez tôt et que les accords soient inclus dans la spécification du contrat.

1.2 *Conditions de service*

1.2.1 *Conditions normales de service*

Cette partie de la CEI 76 contient les prescriptions détaillées pour les transformateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

a) Altitude

Altitude ne dépassant pas 1 000 m.

* De telles normes existent pour les transformateurs de type sec (CEI 726), les bobines d'inductance en général (CEI 289), les transformateurs et bobines de traction (CEI 310), et une norme est en cours d'élaboration pour les transformateurs pour convertisseurs statiques.

POWER TRANSFORMERS

Part 1: General

1 Scope and service conditions

1.1 Scope

This part of International Standard IEC 76 applies to three-phase and single-phase power transformers (including auto-transformers) with the exception of certain categories of small and special transformers such as:

- single-phase transformers with rated power less than 1 kVA and three-phase transformers less than 5 kVA;
- instrument transformers;
- transformers for static convertors;
- traction transformers mounted on rolling stock;
- starting transformers;
- testing transformers;
- welding transformers.

When IEC standards do not exist for such categories of transformers, this part of IEC 76 may still be applicable either as a whole or in part.

For those categories of power transformers and reactors which have their own IEC standards, this part is applicable only to the extent in which it is specifically called up by cross-reference in the other standard.*

At several places in this part it is specified or recommended that an 'agreement' shall be reached concerning alternative or additional technical solutions or procedures. Such agreement is to be made between the manufacturer and the purchaser. The matters should preferably be raised at an early stage and the agreements included in the contract specification.

1.2 Service conditions

1.2.1 Normal service conditions

This part of IEC 76 gives detailed requirements for transformers for use under the following conditions:

a) Altitude

A height above sea-level not exceeding 1 000 m (3 300 ft).

* Such standards exist for dry-type transformers (IEC 726), for reactors in general (IEC 289), for traction transformers and reactors (IEC 310), and are under preparation for static convertor transformers.

b) Température ambiante et fluide de refroidissement

La température de l'air ambiant est comprise entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dans le cas des transformateurs refroidis à l'eau, la température de l'eau à l'entrée ne dépasse pas $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Des limites supplémentaires pour le refroidissement sont données:

- pour les transformateurs immergés dans l'huile dans la CEI 76-2;
- pour les transformateurs de type sec dans la CEI 726.

c) Forme d'onde de la tension d'alimentation.

La tension d'alimentation a une forme d'onde pratiquement sinusoïdale.

NOTE - Cette prescription n'est normalement pas critique dans les réseaux publics d'alimentation mais elle peut avoir à être reconsidérée dans les installations comportant une charge considérable en convertisseur. Dans de tels cas il y a une règle conventionnelle telle que la déformation ne doit pas excéder 5 % pour le contenu total des harmoniques ni 1 % pour celles d'ordre pair. Prendre aussi en considération l'importance des harmoniques de courant pour les pertes dues à la charge et l'échauffement.

d) Symétrie des tensions d'alimentation triphasées

Pour les transformateurs triphasés, les tensions d'alimentation triphasées sont pratiquement symétriques.

e) Environnement

Un environnement à faible degré de pollution (voir la CEI 137 et la CEI 815), qui ne demande pas de mesures particulières concernant l'isolement des traversées ou du transformateur lui-même.

Un environnement qui ne nécessite pas de prendre en compte un risque sismique dans la conception. (On considère que c'est le cas quand l'accélération verticale a_g est inférieure à 2 m/s^2 .)*

1.2.2 Dispositions pour conditions de services exceptionnelles

Toutes les conditions anormales de service qui peuvent nécessiter des considérations spéciales dans la conception d'un transformateur doivent être précisées dans l'appel d'offre et la commande. Ce peut être des facteurs tels qu'une altitude élevée, une température trop élevée ou trop basse, une humidité de type tropical, une activité sismique, une pollution sévère, des conditions anormales de tension et de formes d'onde de courant de charge et des charges intermittentes. Il peut s'agir aussi des conditions de transport, de stockage et d'installation, telles que des limites de masse ou de dimensions (voir l'annexe A).

Des règles complémentaires pour le régime assigné et les conditions d'essais sont données dans d'autres publications:

- Pour l'échauffement et le refroidissement sous une température ambiante élevée ou à haute altitude, dans la CEI 76-2 pour les transformateurs immergés dans l'huile, et dans la CEI 726 pour les transformateurs de type sec.
- Pour l'isolement externe à haute altitude, dans les CEI 73-3 et 76-3-1 pour les transformateurs immergés dans l'huile et dans la CEI 726 pour les transformateurs de type sec.

* Voir la CEI 68-3-3.

b) Temperature of ambient air and cooling medium

A temperature of ambient air not below $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and not above $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. For water-cooled transformers, a temperature of cooling water at the inlet not exceeding $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Further limitations, with regard to cooling are given for:

- oil-immersed transformers in IEC 76-2;
- dry-type transformers in IEC 726.

c) Wave shape of supply voltage

A supply voltage of which the wave shape is approximately sinusoidal.

NOTE - This requirement is normally not critical in public supply systems but may have to be considered in installations with considerable convertor loading. In such cases there is a conventional rule that the deformation shall neither exceed 5 % total harmonic content nor 1 % even harmonic content. Also note the importance of current harmonics for load loss and temperature rise.

d) Symmetry of three-phase supply voltage

For three-phase transformers, a set of three-phase supply voltages which are approximately symmetrical.

e) Installation environment

An environment with a pollution rate (see IEC 137 and IEC 815) that does not require special consideration regarding the external insulation of transformer bushings or of the transformer itself.

An environment not exposed to seismic disturbance which would otherwise require special consideration in the design. (This is assumed to be the case when the ground acceleration level a_g is below 2 m/s^2 .)*

1.2.2 Provision for unusual service conditions

Any unusual service conditions which may lead to special consideration in the design of a transformer shall be stated in the enquiry and the order. These may be factors such as high altitude, extreme high or low temperature, tropical humidity, seismic activity, severe contamination, unusual voltage or load current wave shapes and intermittent loading. They may also concern conditions for shipment, storage and installation, such as weight or space limitations (see annex A).

Supplementary rules for rating and testing are given in other publications for:

- Temperature rise and cooling in high ambient temperature or at high altitude: IEC 76-2 for oil-immersed transformers, and IEC 726 for dry-type transformers.
- External insulation at high altitude: IEC 76-3 and IEC 76-3-1 for oil-immersed transformers, and IEC 726 for dry-type transformers.

* See IEC 68-3-3.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 76. 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 partie de la CEI 76 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 50(421): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 68-3-3: 1991, *Essais d'environnement – Troisième partie: Guide. Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

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

CEI 76-3: 1980, *Transformateurs de puissance – Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques*

CEI 76-3-1: 1987, *Transformateurs de puissance – Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques. Distances d'isolement dans l'air*

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

CEI 137: 1984, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

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

CEI 529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 551: 1987, *Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance*

CEI 606: 1978, *Guide d'application pour les transformateurs de puissance*

CEI 726: 1982, *Transformateurs de puissance de type sec*

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

CEI 905: 1987, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

ISO 3: 1973, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

ISO 9001: 1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception/développement, production, installation et soutien après vente*

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 76. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 76 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(421): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421: Power transformers and reactors*

IEC 68-3-3: 1991, *Environmental testing – Part 3: Guidance. Seismic test methods for equipments*

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

IEC 76-3: 1980, *Power transformers – Part 3: Insulation levels and dielectric tests*

IEC 76-3-1: 1987, *Power transformers – Part 3: Insulation levels and dielectric tests. External clearances in air*

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

IEC 137: 1984, *Bushings for alternating voltages above 1 000 V*

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

IEC 529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 551: 1987, *Determination of transformer and reactor sound levels*

IEC 606: 1978, *Application guide for power transformers*

IEC 726: 1982, *Dry-type power transformers*

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

IEC 905: 1987, *Loading guide for dry-type power transformers*

ISO 3: 1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

ISO 9001: 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing*