



IEC 60076-1

Edition 3.0 2011-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Power transformers –
Part 1: General**

**Transformateurs de puissance –
Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 29.180

ISBN 978-2-88912-438-1

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
3.1 General.....	8
3.2 Terminals and neutral point.....	9
3.3 Windings	10
3.4 Rating	11
3.5 Tappings	13
3.6 Losses and no-load current	15
3.7 Short-circuit impedance and voltage drop.....	16
3.8 Temperature rise	17
3.9 Insulation	17
3.10 Connections	17
3.11 Test classification.....	18
3.12 Meteorological data with respect to cooling	19
3.13 Other definitions.....	19
4 Service conditions	20
4.1 General.....	20
4.2 Normal service conditions	20
5 Rating and general requirements.....	22
5.1 Rated power.....	22
5.1.1 General	22
5.1.2 Preferred values of rated power.....	22
5.1.3 Minimum power under alternative cooling modes.....	22
5.1.4 Loading beyond rated power.....	23
5.2 Cooling mode	23
5.3 Load rejection on transformers directly connected to a generator	23
5.4 Rated voltage and rated frequency	23
5.4.1 Rated voltage	23
5.4.2 Rated frequency	23
5.4.3 Operation at higher than rated voltage and/or at other than rated frequency	24
5.5 Provision for unusual service conditions	24
5.6 Highest voltage for equipment U_m and dielectric tests levels.....	25
5.7 Additional information required for enquiry	25
5.7.1 Transformer classification.....	25
5.7.2 Winding connection and number of phases.....	25
5.7.3 Sound level	26
5.7.4 Transport.....	26
5.8 Components and materials	26
6 Requirements for transformers having a tapped winding.....	27
6.1 General – Notation of tapping range.....	27
6.2 Tapping voltage – tapping current. Standard categories of tapping voltage variation. Maximum voltage tapping.....	27
6.3 Tapping power. Full-power tappings – reduced-power tappings.....	30

6.4	Specification of tappings in enquiry and order	31
6.4.1	General	31
6.4.2	Constructional specification	31
6.4.3	Functional specification	32
6.5	Specification of short-circuit impedance	32
6.6	Load loss and temperature rise	33
7	Connection phase displacement symbols	34
7.1	Connection and phase displacement symbols for three-phase transformers and for single phase transformers connected in a three phase bank	34
7.1.1	Connection symbol	34
7.1.2	Phase displacement in clock number notation	34
7.1.3	Windings not intended to be loaded	35
7.1.4	Reconnectable windings	35
7.1.5	Examples	35
7.2	Connection and phase displacement symbols for single phase transformers not in three phase bank	37
7.2.1	Connection symbol	37
7.2.2	Phase displacement in clock number notation	38
7.2.3	Windings not intended to be loaded	38
7.2.4	Reconnectable windings	38
8	Rating plates	39
8.1	General	39
8.2	Information to be given in all cases	39
8.3	Additional information to be given when applicable	40
9	Safety, environmental and other requirements	41
9.1	Safety and environmental requirements	41
9.1.1	Liquid leaks	41
9.1.2	Safety considerations	41
9.2	Dimensioning of neutral connection	42
9.3	Liquid preservation system	42
9.4	DC currents in neutral circuits	43
9.5	Centre of gravity marking	43
10	Tolerances	43
11	Tests	44
11.1	General requirements for routine, type and special tests	44
11.1.1	General	44
11.1.2	Routine tests	46
11.1.3	Type tests	46
11.1.4	Special tests	47
11.2	Measurement of winding resistance	47
11.2.1	General	47
11.2.2	Dry-type transformers	47
11.2.3	Liquid-immersed type transformers	48
11.3	Measurement of voltage ratio and check of phase displacement	48
11.4	Measurement of short-circuit impedance and load loss	48
11.5	Measurement of no-load loss and current	49
11.6	Measurement of zero-sequence impedance(s) on three-phase transformers	50
11.7	Tests on on-load tap-changers – Operation test	51

11.8 Leak testing with pressure for liquid immersed transformers (tightness test).....	51
11.9 Vacuum deflection test for liquid immersed transformers	51
11.10 Pressure deflection test for liquid immersed transformers.....	52
11.11 Vacuum tightness test on site for liquid immersed transformers.....	53
11.12 Check of core and frame insulation	53
12 Electromagnetic compatibility (EMC)	53
13 High frequency switching transients.....	54
Annex A (informative) Check list of information to be provided with enquiry and order	55
Annex B (informative) Examples of specifications for transformers with tapplings	59
Annex C (informative) Specification of short-circuit impedance by boundaries	63
Annex D (informative) Examples of three-phase transformer connections	64
Annex E (normative) Temperature correction of load loss	67
Annex F (informative) Facilities for future fitting of condition monitoring systems to transformers	68
Annex G (informative) Environmental and safety considerations	69
Bibliography.....	70
Figure 1 – Different types of voltage variation	30
Figure 2 – Illustration of 'clock number' notation	35
Figure 3 – Illustration of 'clock number' notation for transformers with open windings	37
Figure 4 – Illustration of 'clock number' notation	39
Figure C.1 – Example of specification of short-circuit impedance by boundaries	63
Figure D.1 – Common connections	64
Figure D.2 – Additional connections.....	65
Figure D.3 – Designation of connections of three-phase auto-transformers by connection symbols (auto-transformer Ya0)	66
Figure D.4 – Example of three single-phase transformers connected to form a three-phase bank (connection symbol Yd5).....	66
Table 1 – Tolerances	44
Table B.1 – Example of combined voltage variation	60
Table B.2 – Example of functional specification with HV voltage variation.....	61
Table B.3 – Example of functional specification with LV voltage variation	62
Table F.1 – Facilities for condition monitoring	68

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

Part 1: General

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 60076-1 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1993, and its Amendment 1(1999). It is a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- addition of a definition of harmonic content;
- addition of a subclause on transport;
- addition of functional method of specification;
- addition of connection symbols for single phase transformers;
- addition of safety and environmental requirements;
- addition of requirements for liquid preservation systems;

- addition of a clause on DC currents;
- addition of vacuum, pressure and leak tests on tanks;
- the requirements formerly in Annex A are now incorporated in the text and Annex A is now an informative checklist;
- informative annexes have been added on facilities for condition monitoring and environmental and safety considerations.

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

FDIS	Report on voting
14/675/FDIS	14/682/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.

A list of all parts of the IEC 60076 series can be found, under the general title *Power transformers*, on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-1 ed 3.0:2011

POWER TRANSFORMERS –

Part 1: General

1 Scope

This part of IEC 60076 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;
- transformers, which have no windings with rated voltage higher than 1 000 V;
- instrument transformers;
- traction transformers mounted on rolling stock;
- starting transformers;
- testing transformers;
- welding transformers;
- explosion-proof and mining transformers;
- transformers for deep water (submerged) applications.

When IEC standards do not exist for such categories of transformers (in particular transformer having no winding exceeding 1000 V for industrial applications), this part of IEC 60076 may still be applicable either as a whole or in part.

This standard does not address the requirements that would make a transformer suitable for mounting in a position accessible to the general public.

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. Such standards exist for:

- reactors in general (IEC 60076-6);
- dry-type transformers (IEC 60076-11);
- self-protected transformers (IEC 60076-13);
- gas-filled power transformers (IEC 60076-15);
- transformers for wind turbine applications (IEC 60076-16);
- traction transformers and traction reactors (IEC 60310);
- converter transformers for industrial applications (IEC 61378-1);
- converter transformers for HVDC applications (IEC 61378-2).

At several places in this part it is specified or recommended that an 'agreement' should be reached concerning alternative or additional technical solutions or procedures. Such agreement is 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.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:2006, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-10:2001, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11:2004, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60137:2008, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60214-1:2003, *Tap-changers – Part 1: Performance requirements and test methods*

IEC 60296:2003, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

ISO 9001:2008, *Quality management systems – Requirements*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	75
1 Domaine d'application	77
2 Références normatives	78
3 Termes et définitions	78
3.1 Généralités.....	78
3.2 Bornes et point neutre	79
3.3 Enroulements	80
3.4 Régime assigné.....	82
3.5 Prises.....	83
3.6 Pertes et courant à vide	85
3.7 Impédance de court-circuit et chute de tension.....	86
3.8 Echauffement	87
3.9 Isolement	87
3.10 Connexions	88
3.11 Catégories d'essais	89
3.12 Données météorologiques concernant le refroidissement	89
3.13 Autres définitions	90
4 Conditions de service	90
4.1 Généralités.....	90
4.2 Conditions normales de service.....	91
5 Régime assigné et exigences générales	92
5.1 Puissance assignée.....	92
5.1.1 Généralités.....	92
5.1.2 Valeurs préférentielles de la puissance assignée.....	93
5.1.3 Puissance minimale pour des modes de refroidissement alternatifs	93
5.1.4 Chargement au-delà de la puissance assignée	94
5.2 Mode de refroidissement	94
5.3 Déclenchement de la charge sur les transformateurs directement reliés à un générateur.....	94
5.4 Tension assignée et fréquence assignée	94
5.4.1 Tension assignée	94
5.4.2 Fréquence assignée	95
5.4.3 Fonctionnement à une tension supérieure à la tension assignée et/ou à une fréquence différente de la fréquence assignée	95
5.5 Dispositions pour conditions de services exceptionnelles	95
5.6 Tension la plus élevée pour le matériel U_m et niveaux d'essai diélectrique.....	96
5.7 Informations complémentaires exigées pour l'appel d'offres	96
5.7.1 Type de transformateur	96
5.7.2 Connexion des enroulements et nombre de phases	96
5.7.3 Niveau de bruit	97
5.7.4 Transport.....	97
5.8 Composants et matériaux	98
6 Exigences pour les transformateurs possédant un enroulement à prises	98
6.1 Généralités – Notation d'étendue de prises	98
6.2 Tension de prise – courant de prise. Catégories normalisées de réglage de tension de prise. Prise à tension maximale.....	99
6.3 Puissance de prise. Prises à pleine puissance – prises à puissance réduite.....	102

6.4	Spécification des prises dans l'appel d'offres et la commande	103
6.4.1	Généralités	103
6.4.2	Spécification constructive	103
6.4.3	Spécification fonctionnelle	104
6.5	Spécification de l'impédance de court-circuit	105
6.6	Pertes dues à la charge et échauffement	105
7	Symboles des couplages et des déphasages	106
7.1	Symboles des couplages et des déphasages pour les transformateurs triphasés et monophasés raccordés en banc triphasé	106
7.1.1	Symbole de couplage	106
7.1.2	Déphasage en indices horaires	106
7.1.3	Enroulements non destinés à être chargés	107
7.1.4	Enroulements reconnectables	107
7.1.5	Exemples	107
7.2	Symboles des couplages et des déphasages pour des transformateurs monophasés non raccordés en groupe triphasé	110
7.2.1	Symbole de couplage	110
7.2.2	Déphasage des indices horaires	110
7.2.3	Enroulements non destinés à être chargés	110
7.2.4	Enroulements reconnectables	110
8	Plaques signalétiques	111
8.1	Généralités	111
8.2	Informations à donner dans tous les cas	112
8.3	Informations supplémentaires à donner le cas échéant	112
9	Exigences de sécurité, d'environnement et autres exigences	114
9.1	Exigences de sécurité et d'environnement	114
9.1.1	Fuites de liquide	114
9.1.2	Considérations relatives à la sécurité	114
9.2	Dimensionnement de la connexion de neutre	114
9.3	Système de conservation du liquide	114
9.4	Courants continus dans les circuits neutres	115
9.5	Marquage du centre de gravité	116
10	Tolérances	116
11	Essais	118
11.1	Exigences générales pour les essais individuels de série, les essais de type et les essais spéciaux	118
11.1.1	Généralités	118
11.1.2	Essais individuels de série	119
11.1.3	Essais de type	120
11.1.4	Essais spéciaux	120
11.2	Mesure de la résistance des enroulements	121
11.2.1	Généralités	121
11.2.2	Transformateurs de type sec	121
11.2.3	Transformateurs immergés dans un liquide	121
11.3	Mesure du rapport de transformation et contrôle du déphasage	121
11.4	Mesure de l'impédance de court-circuit et des pertes dues à la charge	122
11.5	Mesure des pertes et du courant à vide	122
11.6	Mesure d'impédance(s) homopolaire(s) des transformateurs triphasés	123

11.7 Essais sur les changeurs de prises en charge – Essai de fonctionnement.....	125
11.8 Recherche de fuite sous pression pour les transformateurs immergés dans un liquide (essai d'étanchéité)	125
11.9 Essai de déformation sous vide des transformateurs immergés dans un liquide	125
11.10 Essai de déformation sous pression des transformateurs immergés dans un liquide	126
11.11 Essai d'étanchéité au vide sur site des transformateurs immergés	127
11.12 Vérification de l'isolation du circuit magnétique et de son habillage	127
12 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	127
13 Transitoires de manœuvre à haute fréquence	128
Annexe A (informative) Liste de vérification des renseignements à fournir lors d'appel d'offres et de commande.....	129
Annexe B (informative) Exemples de spécifications de transformateurs avec prises de réglage	133
Annexe C (informative) Spécification d'impédance de court-circuit par les limites	137
Annexe D (informative) Exemples de couplages de transformateurs triphasés	138
Annexe E (normative) Correction de température des pertes dues à la charge.....	141
Annexe F (informative) Dispositifs pour l'utilisation ultérieure de systèmes de surveillance de condition (monitoring) pour transformateurs.....	143
Annexe G (informative) Considérations liées à l'environnement et à la sécurité	145
Bibliographie.....	146
Figure 1 – Types différents de variation de tension	102
Figure 2 – Illustration des « indices horaires »	108
Figure 3 – Illustration des « indices horaires » pour les transformateurs avec enroulements indépendants	109
Figure 4 – Illustration des « indices horaires »	111
Figure C.1 – Exemple de spécification d'impédance de court-circuit par les limites	137
Figure D.1 – Couplages usuels	138
Figure D.2 – Couplages additionnels	139
Figure D.3 – Désignation des couplages des autotransformateurs triphasés par des symboles de couplage (autotransformateur Ya0)	140
Figure D.4 – Exemple de trois transformateurs monophasés formant un groupe triphasé (symbole de couplage Yd5)	140
Tableau 1 – Tolérances	117
Tableau B.1 – Exemple de réglage de tension combinée	134
Tableau B.2 – Exemple de spécification fonctionnelle avec variation de la tension HT	135
Tableau B.3 – Exemple de spécification fonctionnelle avec variation de la tension sur la BT.....	136
Tableau F.1 – Dispositif de surveillance d'état (monitoring)	143

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI 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 CEI 60076-1 a été établie par le Comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, publiée en 1993, et son Amendement 1 (1999). Elle constitue une révision technique.

Cette édition contient les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- ajout de la définition du contenu harmonique;
- ajout d'un paragraphe relatif au transport;
- ajout d'une méthode fonctionnelle de spécification;
- ajout de symboles de connexion pour les transformateurs monophasés;