



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Power transformers –  
Part 1: General**

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XB**  
CODE PRIX

---

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 tappings .....	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*

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

## 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;