

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

61378-1

Première édition
First edition
1997-09

Transformateurs de conversion –

**Partie 1:
Transformateurs pour applications industrielles**

Converter transformers –

**Part 1:
Transformers for industrial applications**

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/7ba67a89-80ce-4c58-9a51-42b3b7dbce9b/iec-61378-1-1997>

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/7ba67a89-80ce-4c58-9a51-42b3b7dbce9b/iec-61378-1-1997>



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61378-1:1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61378-1

Première édition
First edition
1997-09

Transformateurs de conversion –

**Partie 1:
Transformateurs pour applications industrielles**

Converter transformers –

**Part 1:
Transformers for industrial applications**

© IEC 1997 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Généralités.....	6
1.1 Domaine d'application.....	6
1.2 Classification	8
1.3 Conditions de service normal.....	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Régimes assignés	10
4.1 Puissance assignée à la fréquence assignée et capacité de charge.....	12
4.2 Tensions assignée et en service	12
4.3 Courant assigné	14
5 Pertes dues à la charge et chute de tension dans les transformateurs et bobines d'inductance	14
5.1 Détermination des pertes dues à la charge du transformateur en fonction de la distorsion du courant de charge.....	14
5.2 Effet de la disposition géométrique des enroulements sur leurs pertes par courants de Foucault dues à la présence des harmoniques	22
5.3 Pertes dans les bobines d'absorption, dans les bobines d'inductance d'équilibrage de courant, dans les bobines d'inductance de lissage et dans les transducteurs.....	22
5.4 Chutes de tension dans les transformateurs et les bobines d'inductance	24
6 Essais des transformateurs de conversion.....	24
6.1 Mesure de la réactance de commutation et détermination de la chute inductive de tension.....	26
6.2 Mesure du rapport de transformation et du déphasage	26
6.3 Essai de mesure des pertes dues à la charge	28
6.4 Essais d'échauffement.....	28
Tableau 1 – Montages et facteurs de calcul	34
Annexes	
A Détermination des pertes dues à la charge en service au courant non sinusoïdal assigné en fonctionnement en conversion à partir des mesures au courant assigné du transformateur à la fréquence fondamentale	38
B Courants d'essais de court-circuit et pertes dues à la charge des transformateurs pour convertisseurs à simple voie (injection des pertes totales).....	56
Figures	
A.1 Section d'un conducteur d'enroulement.....	42
A.2 Identification des bornes pour couplage d'enroulements Y yy0	46
A.3 Identification des bornes pour couplage d'enroulements D d y.....	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 General	7
1.1 Scope	7
1.2 Classification	9
1.3 Normal service conditions	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Ratings	11
4.1 Rated power at rated frequency and load capability	13
4.2 Rated and service voltages	13
4.3 Rated current	15
5 Load loss and voltage drop in transformers and reactors	15
5.1 Determination of transformer load loss under distorted current loading	15
5.2 Effect of geometrical arrangement of windings on their eddy current losses due to harmonics	23
5.3 Losses in interphase transformers, current-balancing reactors, series-smoothing reactors and transductors	23
5.4 Voltage drops in transformers and reactors	25
6 Tests for converter transformers	25
6.1 Measurement of commutating reactance and determination of the inductive voltage drop	27
6.2 Measurement of voltage ratio and phase displacement	27
6.3 Load loss test	29
6.4 Temperature rise tests	29
Table 1 – Connections and calculation factors	34
Annexes	
A Determination of transformer service load loss at rated non-sinusoidal converter current from measurements with rated transformer current of fundamental frequency	39
B Short-circuit test currents and load losses in transformers for single-way converters (total loss injection)	57
Figures	
A.1 Cross-section of a winding strand	43
A.2 Terminal identification for winding connection Y yy0	47
A.3 Terminal identification for winding connection D d y	53

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE CONVERSION –

Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles

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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61378-1 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/261/FDIS	14/270/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.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

La CEI 61378 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Transformateurs de conversion:

- Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles;
- Partie 2: Transformateurs pour applications courant continu à haute tension (à l'étude)
- Partie 3: Guide d'application (à l'étude)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONVERTOR TRANSFORMERS –**Part 1: Transformers for industrial applications**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61378-1 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

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

FDIS	Report on voting
14/261/FDIS	14/270/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.

Annexes A and B are for information only.

IEC 61378 consists of the following parts, under the general title: Converter transformers:

- Part 1: Transformers for industrial applications
- Part 2: Transformers for HVDC applications (under consideration)
- Part 3: Application guide (under consideration)

TRANSFORMATEURS DE CONVERSION –

Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application*

La présente Norme internationale traite des spécifications, de la conception et des essais des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance qui sont destinés à être intégrés dans des installations de conversion à semiconducteurs; cette norme n'est pas applicable en général aux transformateurs conçus pour la distribution industrielle ou publique de puissance en courant alternatif.

Le domaine d'application de cette norme est limité aux applications des convertisseurs de puissance, de quelque puissance que ce soit, pour la distribution locale, à tension de conversion assignée modérée, généralement pour des applications industrielles, et typiquement avec une tension maximale pour équipement n'excédant pas la classe 36 kV.

Cette norme n'est pas applicable aux transformateurs de puissance pour la transmission de puissance CCHT. Ceux-ci sont des transformateurs à haute tension et ils sont soumis à des essais diélectriques en courant continu.

Les normes pour l'installation complète de conversion (CEI 60146 ou autres publications relatives à des champs particuliers d'application) peuvent contenir des prescriptions de garanties et d'essais (par exemple isolement et niveaux de pertes) pour toute l'installation comprenant le transformateur de conversion et éventuellement les transformateurs auxiliaires et des bobines d'inductance. Cela n'empêche pas que les prescriptions de la présente norme concernant les garanties et les essais s'appliquent au transformateur de conversion lui-même comme composant séparé avant d'être assemblé avec le restant de l'installation de conversion.

Les garanties, les essais de type et de service définis dans cette norme s'appliquent aussi bien aux transformateurs fournis comme partie d'un ensemble d'équipement de conversion qu'aux transformateurs commandés séparément mais destinés à être utilisés dans des installations de conversion. Toute garantie supplémentaire ou vérification spéciale doit faire l'objet d'un accord spécifique dans le contrat du transformateur.

Les transformateurs de conversion couverts par cette norme peuvent être de conception immergée dans l'huile ou du type sec. A moins que des exceptions spécifiques ne soient prescrites dans la présente norme, les transformateurs doivent être conformes à la CEI 60076 pour les transformateurs immergés dans l'huile et à la CEI 60726 pour les transformateurs du type sec.

NOTES

1 Pour certaines applications en conversion, il est possible d'utiliser des transformateurs communs de distribution de conception normalisée. L'utilisation de tels transformateurs normalisés dans des applications spéciales en conversion peut nécessiter un certain déclassement. Ce sujet n'est pas spécifiquement couvert dans la présente norme qui traite des prescriptions à imposer à des unités spécialement conçues. Il est possible d'estimer ce déclassement à partir des formules données en 5.1 et aussi de l'article 9 de la CEI 60076-8.

2 Lorsque des transformateurs du type sec sont utilisés pour cette application, il convient d'apporter un soin particulier dans la prise en compte des courtes constantes de temps applicables et des pertes par courants de Foucault accrues dans les conducteurs de grande section et dans les enroulements en feuilles.

CONVERTOR TRANSFORMERS –

Part 1: Transformers for industrial applications

1 General

1.1 Scope

This International Standard deals with the specification, design and testing of power transformers and reactors which are intended for integration within semiconductor convertor plants; it is not applicable to transformers designed for industrial or public distribution of a.c. power in general.

The scope of this standard is limited to applications of power convertors, of any power rating, for local distribution, at moderate rated convertor voltage, generally for industrial applications and typically with a highest voltage for equipment not exceeding 36 kV.

This standard is not applicable to transformers for HVDC power transmission. These are high-voltage transformers, and they are subjected to d.c. voltage tests.

The standards for the complete convertor plant (IEC 60146, or other publications dedicated to particular fields of application) may contain requirements of guarantees and tests (such as insulation, power loss) for the whole plant, including the convertor transformer and possibly auxiliary transformers and reactor equipment. This does not relieve the application of the requirements of this standard concerning the guarantees and tests applicable to the convertor transformer itself as a separate component before being assembled with the remainder of the convertor plant.

The guarantees, service and type tests defined in this standard apply equally to transformers supplied as part of an overall convertor package, or to those transformers ordered separately but for use with convertor equipment. Any supplementary guarantee or special verification has to be specifically agreed in the transformer contract.

The convertor transformers covered by this standard may be of the oil-immersed or dry-type design. Unless specific exceptions are stated in this standard, the transformers are required to comply with IEC 60076 for oil-immersed transformers, and with IEC 60726 for dry-type transformers.

NOTES

1 For some convertor applications, it is possible to use common distribution transformers of standard design. The use of such standard transformers in the special convertor applications may require a certain derating. This matter is not specifically covered in this standard, which deals with the requirements to be placed on specially designed units. It is possible to estimate this derating from the formulae given in 5.1, and also from clause 9 of IEC 60076-8.

2 Where dry-type transformers are used, special care should be taken in considering the short time constants applicable and the increased eddy currents flowing in the larger cross-section conductors or foil windings.

Cette norme s'applique seulement aux transformateurs comportant une seule partie active et une seule bobine d'absorption. Pour plusieurs parties actives dans la même cuve, un accord est nécessaire entre l'acheteur et le fabricant pour la détermination et la mesure des pertes.

Cette norme s'applique seulement aux transformateurs à couplage étoile Y et à couplage triangle Δ . Pour d'autres couplages, un accord est nécessaire entre l'acheteur et le fabricant.

1.2 Classification

La classification des convertisseurs et les applications des convertisseurs sont données en 1.3 de la CEI 60146-1-1 et en 1.2 de la CEI 60146-1-2. Pour la conception des transformateurs, il est important de distinguer entre

- les applications avec une tension essentiellement sinusoïdale le long du transformateur, et
- les applications avec des tensions non sinusoïdales où le primaire du transformateur est excité à partir d'un circuit convertisseur de puissance commandé en courant alternatif ou d'un circuit convertisseur à fréquence variable.

Il est aussi important de distinguer entre

- les applications avec une charge continue, comme l'électrolyse, les fours à arc à courant continu, etc., et
- les applications avec des variations de charge cycliques ou irrégulières de courte durée, comme les laminoirs à commande par moteurs réversibles, etc.

Il est nécessaire que des informations sur l'application des convertisseurs soient fournies avec la spécification du transformateur. Cela est détaillé plus complètement dans les paragraphes suivants de la présente norme.

1.3 Conditions de service normal

Les conditions de service normal pour le transformateur doivent être conformes à la CEI 60076-1, à la CEI 60076-2, à la CEI 60726 et à la CEI 60146-1-1.

Il est nécessaire qu'une quelconque déviation de la tension en courant alternatif par rapport à la valeur de la tension assignée ou aux valeurs des tensions de prise, forme d'onde sinusoïdale ou symétrie des trois phases soit inscrite dans les limites de la classe d'immunité B, conformément à 2.5 de la CEI 60146-1-1. Si le transformateur de conversion est alimenté avec une tension non sinusoïdale, une application en convertisseur de fréquence ou en onduleur, il est nécessaire que des informations sur la plage de variation de la forme de la tension de service et sur la variation de sa fréquence soient fournies dans la spécification. Il est aussi important que des informations soient données concernant la composante en courant continu du cycle de tension appliquée.

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 61378. 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 61378 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-dessous. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales en vigueur.

CEI 60050(421):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

This standard only deals with transformers with one active part and one interphase transformer. For several active parts in the same tank, an agreement between the purchaser and manufacturer is necessary regarding the determination and the measurement of the total losses.

This standard deals only with transformer star Y and delta Δ connections. For other connections an agreement between purchaser and manufacturer is necessary.

1.2 Classification

Classification of convertors and convertor applications are given in 1.3 of IEC 60146-1-1 and in 1.2 of IEC 60146-1-2. From the aspect of transformer design, it is important to distinguish between

- applications with essentially sinusoidal voltage across the transformer, and
- applications with non-sinusoidal voltage where the transformer primary is energized from a convertor circuit for a.c. power control or variable frequency conversion.

It is also important to distinguish between

- applications characterized by a continuous load, such as electrolysis, d.c. arc furnace etc., and
- applications with short-time cyclic or irregular load variation, such as reversible mill-motor drives, etc.

It is required that information about the convertor application be supplied in the transformer specification. This is detailed further in following subclauses of this standard.

1.3 Normal service conditions

Normal service conditions for the transformer shall be in accordance with IEC 60076-1, IEC 60076-2, IEC 60726 and IEC 60146-1-1.

It is required that any deviation of the a.c. voltage from the rated voltage value or tapping voltage value, sinusoidal wave shape or three-phase symmetry be within the limits of immunity class B, according to 2.5 of IEC 60146-1-1. If the convertor transformer is supplied with non-sinusoidal voltage, inverter or frequency convertor application, it is necessary that information on the range of variation of service voltage shape and frequency variation be submitted in the specification. It is also important that information be given regarding the d.c. component of the applied voltage cycle.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61378. 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 61378 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(421):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 421: Power transformers and reactors*

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1 : Généralités*

CEI 60076-2:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 2 : Echauffement*

CEI 60076-3:1980, *Transformateurs de puissance – Partie 3 : Niveaux d'isolement et essais diélectriques*

CEI 60076-5:1976, *Transformateurs de puissance – Partie 5 : Tenue au court-circuit*

CEI 60146-1-1:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60146-1-2:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2: Guide d'application*

CEI 60289:1988, *Bobines d'inductance*

CEI 60354:1991, *Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile*

CEI 60076-8:1997, *Guide d'application pour transformateurs de puissance*

CEI 60726:1982, *Transformateurs de puissance de type sec*

CEI 60905:1987, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions de la CEI 60050(421) (VEI) sont applicables. Des définitions additionnelles, plus spécifiques, relatives aux termes concernant les transformateurs et les convertisseurs, sont données dans la CEI 60076-1 et dans la CEI 60146-1-1 respectivement. Pour certains de ces termes, les définitions sont différentes de celles du VEI. Lorsqu'il existe une différence, ce sont les définitions de la CEI 60076-1 et de la CEI 60146-1-1 qui prévalent. Voir, en particulier, les termes définis en 1.5.17, 1.5.18, 1.5.19 et 1.5.22 à 1.5.26 inclus, de la CEI 60146-1-1.

4 Régimes assignés

La CEI 60076-1 s'applique, avec les additions et explications des paragraphes suivants.

Les transformateurs pour application en conversion sont chargés avec des courants non sinusoïdaux et fonctionnent parfois sous tension non sinusoïdale. Même la fréquence peut varier considérablement dans certaines applications.

Le régime assigné des transformateurs est exprimé en grandeurs sinusoïdales à la fréquence fondamentale en régime permanent, avec lesquelles les essais sur les transformateurs seront conduits et auxquelles les garanties correspondantes feront référence.

Les paragraphes suivants indiquent comment déterminer le régime assigné du transformateur lorsque les renseignements concernant le convertisseur et d'autres informations sur la charge sont disponibles.

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:1980, *Power transformers – Part 3: Insulation levels and dielectric tests*

IEC 60076-5 :1976, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60146-1-2:1992, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-2: Application guide*

IEC 60289:1988, *Reactors*

IEC 60354:1991, *Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60076-8:1997, *Application guide for power transformers*

IEC 60726:1982, *Dry-type power transformers*

IEC 60905:1987, *Loading guide for dry-type power transformers*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions in IEC 60050(421) (IEV) apply. Additional definitions of more specific transformer and convertor terms are given in IEC 60076-1, and IEC 60146-1-1, respectively. Where some of these terms are at variance with earlier general definitions of the same terms, found in the IEV, the terms specified in IEC 60076-1 and IEC 60146-1-1 will take precedence. Particular attention is drawn to the terms defined in 1.5.17, 1.5.18, 1.5.19, and 1.5.22 to 1.5.26 inclusive, of IEC 60146-1-1.

4 Ratings

IEC 60076-1 applies, with the following additions and explanations.

Transformers for convertor application are loaded with non-sinusoidal current, and sometimes work with non-sinusoidal voltage. Even the frequency may vary considerably in certain applications.

The rating of the transformers on which the tests will be conducted and to which the corresponding guarantees are related is expressed in sinusoidal quantities of fundamental frequency in steady state.

The following subclauses provide guidance as to how to determine the transformer rating when the details of the convertor and other information about the loading are available.

4.1 Puissance assignée à la fréquence assignée et capacité de charge

La puissance assignée d'un transformateur de conversion est basée sur les composantes fondamentales de tension et de courant; la puissance assignée triphasée est donc:

$$S_R = \sqrt{3} \times U_1 \times I_1$$

où

U_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale de la tension entre phases;

I_1 est la valeur efficace de la composante fondamentale du courant de ligne.

Les prescriptions concernant l'échauffement et le refroidissement doivent être déterminées après avoir tenu compte de l'accroissement des pertes dues aux harmoniques (voir article 5).

La capacité de charge d'un transformateur est essentiellement une question d'échauffement des enroulements. Si les variations de charge sont rapides avec des pointes de 5 min ou moins, la puissance assignée du transformateur sera basée sur la moyenne à long terme des pertes dues à la charge.

Si les variations de charge sont de durée plus longue que celles définies ci-dessus, une étude plus détaillée peut être faite sur les pointes maximales de température pendant les cycles ou pulsations de charge. Des conseils pour la détermination d'une charge constante équivalente, pour ce qui concerne le taux de vieillissement thermique du système d'isolation, peuvent être obtenus dans la CEI 60354 pour les transformateurs immergés dans l'huile, et dans la CEI 60905 pour les transformateurs du type sec. La charge constante équivalente ainsi déterminée peut être considérée comme la puissance assignée du transformateur.

NOTE – Les règles ci-dessus sont justifiées par les constantes de temps thermique considérables des transformateurs. Au tableau 2 de la CEI 60146-1-1, un certain nombre de modèles de cycles de charge conventionnels représentant plusieurs services en conversion sont donnés. Il convient que ces cycles de charge soient vérifiés conformément aux règles données ci-dessus.

Le modèle de variation de la charge doit être inclus par l'acheteur dans la spécification du transformateur pour déterminer une valeur appropriée de la puissance assignée.

4.2 Tensions assignée et en service

4.2.1 Transformateur mis sous tension à partir d'un réseau de puissance en courant alternatif

Pour un transformateur de conversion connecté à un réseau de puissance en courant alternatif, la tension assignée doit être spécifiée conformément à 4.4 de la CEI 60076-1, et à la CEI 60076-8.

4.2.2 Transformateur mis sous tension à partir d'un convertisseur/onduleur avec ou sans variation de fréquence

Dans le cas d'un convertisseur avec une tension du transformateur présentant une considérable distorsion, la tension assignée doit être la valeur efficace de la composante sinusoïdale fondamentale obtenue à partir de la décomposition en série de Fourier de la tension de service maximale en régime permanent.

Dans les applications présentant une telle distorsion de la tension du transformateur, ou une fréquence variable, des informations concernant les tensions appliquées dans diverses conditions de service doivent être données dans la spécification.

NOTE 1 – Pour les applications ci-dessus, c'est l'amplitude de l'induction dans le circuit magnétique qui est le paramètre déterminant, et non l'amplitude d'une tension non sinusoïdale. La valeur du flux est déterminée à partir de l'intégrale tension-temps sur un demi-cycle. Cette valeur sera la valeur maximale en régime permanent. Si des valeurs élevées de courte durée de l'intégrale tension-temps existent, il convient qu'elles fassent également partie de la spécification, pour permettre de vérifier une possible surexcitation.