

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60076-5

Deuxième édition
Second edition
2000-07

Transformateurs de puissance –

**Partie 5:
Tenue au court-circuit**

Power transformers –

**Part 5:
Ability to withstand short circuit**

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/4c2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000>

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/4c2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000>



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60076-5:2000

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 des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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*.

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

Numbering

As from 1 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 subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

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*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60076-5

Deuxième édition
Second edition
2000-07

Transformateurs de puissance –

**Partie 5:
Tenue au court-circuit**

Power transformers –

**Part 5:
Ability to withstand short circuit**

© IEC 2000 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

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Prescriptions relatives à la tenue au court-circuit	8
3.1 Généralités	8
3.2 Conditions de surintensités	10
4 Démonstration de la tenue au court-circuit	16
4.1 Tenue thermique au court-circuit	16
4.2 Tenue mécanique au court-circuit	22
Annexe A (informative) Guide pour l'identification d'un transformateur similaire	40
Annexe B (normative) Méthode de calcul pour la démonstration de la tenue aux effets dynamiques du court-circuit	42
Figure 1 – Transformateur connecté étoile-triangle	28
Figure 2 – Autotransformateur étoile-étoile	30
Tableau 1 – Valeurs minimales caractéristiques d'impédances de court-circuit de transformateurs à deux enroulements séparés	12
Tableau 2 – Puissance apparente de court-circuit du réseau	12
Tableau 3 – Valeurs maximales admissibles de la température moyenne de chaque enroulement après court-circuit	20
Tableau 4 – Valeurs du facteur $k \times \sqrt{2}$	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Requirements with regard to ability to withstand short circuit	9
3.1 General	9
3.2 Overcurrent conditions	11
4 Demonstration of ability to withstand short circuit	17
4.1 Thermal ability to withstand short circuit	17
4.2 Ability to withstand the dynamic effects of short circuit	23
Annex A (informative) Guidance for the identification of a similar transformer	41
Annex B (normative) Calculation method for the demonstration of the ability to withstand the dynamic effects of short circuit	43
Figure 1 – Star/delta connected transformer	29
Figure 2 – Star/star auto-transformer	31
Table 1 – Recognized minimum values of short-circuit impedance for transformers with two separate windings	13
Table 2 – Short-circuit apparent power of the system	13
Table 3 – Maximum permissible values of the average temperature of each winding after short circuit	21
Table 4 – Values for factor $k \times \sqrt{2}$	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 5: Tenue au court-circuit

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 60076-5 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 et l'amendement 2 (1994). Cette deuxième édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/346/FDIS	14/353/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

L'annexe B fait partie intégrante de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

Part 5: Ability to withstand short circuit

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 specifications, 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 60076-5 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1976 and amendment 2 (1994). This second edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
14/346/FDIS	14/353/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 3.

Annex A is for information only.

Annex B forms an integral part of this standard.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2004. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Withdrawing

iTech Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[IEC 60076-5:2000](https://standards.iteh.ai/standards/iec/4cc2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000)

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/4cc2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000>

The committee has decided that this publication remains valid until 2004. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

Withdrawn

iTech Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[IEC 60076-5:2000](https://standards.iteh.ai/standards/iec/4cc2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000)

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/4cc2ab6a-72c0-40d3-8269-9c8921ab7f0f/iec-60076-5-2000>

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 5: Tenue au court-circuit

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 définit les prescriptions pour que les transformateurs de puissance supportent sans dommage les effets des surcharges occasionnées par des courts-circuits externes. Elle décrit les procédés de calcul utilisés pour démontrer l'aptitude thermique d'un transformateur de puissance à supporter de telles surcharges ainsi que l'essai spécial et la méthode de calcul utilisés pour démontrer son aptitude à résister aux effets mécaniques afférents. Les prescriptions s'appliquent aux transformateurs définis dans le domaine d'application de la CEI 60076-1.

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 60076. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60076 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

CEI 60076-8:1997, *Transformateurs de puissance – Partie 8: Guide d'application*

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

3 Prescriptions relatives à la tenue au court-circuit

3.1 Généralités

Les transformateurs ainsi que tout l'équipement et les accessoires doivent être conçus et construits pour résister sans dommage aux effets thermiques et mécaniques des courts-circuits extérieurs dans les conditions spécifiées en 3.2.

Les courts-circuits extérieurs ne sont pas limités aux courts-circuits triphasés: ils comprennent les défauts entre phases, entre deux phases et la terre et entre phase et terre. Les courants dans les enroulements correspondant à ces conditions sont appelés dans cette partie de la CEI 60076 «surintensités».

POWER TRANSFORMERS –

Part 5: Ability to withstand short circuit

1 Scope

This part of IEC 60076 identifies the requirements for power transformers to sustain without damage the effects of overcurrents originated by external short circuits. It describes the calculation procedures used to demonstrate the thermal ability of a power transformer to withstand such overcurrents and both the special test and the calculation method used to demonstrate its ability to withstand the relevant dynamic effects. The requirements apply to transformers as defined in the scope of IEC 60076-1.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60076. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60076 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide*

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

3 Requirements with regard to ability to withstand short circuit

3.1 General

Transformers together with all equipment and accessories shall be designed and constructed to withstand without damage the thermal and dynamic effects of external short circuits under the conditions specified in 3.2.

External short circuits are not restricted to three-phase short circuits; they include line-to-line, double-earth and line-to-earth faults. The currents resulting from these conditions in the windings are designated as 'overcurrents' in this part of IEC 60076.

3.2 Conditions de surintensités

3.2.1 Considérations générales

3.2.1.1 Conditions d'application requérant une attention spéciale

Les situations suivantes touchant une occurrence de grande surintensité, de durée ou répétition requièrent une attention spéciale et doivent être clairement indiquées dans les spécifications

- des transformateurs de régulation à très basse impédance, qui dépendent de l'impédance des appareils directement connectés pour limiter les surintensités;
- des transformateurs d'alternateur de centrale sensibles aux fortes surintensités produites par la connexion de l'alternateur au réseau hors synchronisme;
- des transformateurs directement connectés à des machines tournantes telles que moteurs ou compensateurs synchrones qui peuvent agir en tant que générateurs pour fournir du courant au transformateur dans des conditions de défaut de réseau;
- des transformateurs spéciaux et transformateurs installés dans des réseaux caractérisés par un fort taux de défaut; voir 3.2.6;
- des tensions d'utilisation supérieures à la tension assignée maintenue à la borne non défectueuse durant une condition de défaut.

3.2.1.2 Limitations en courant relatives aux transformateurs survolteurs

Quand la combinaison des impédances du transformateur survolteur et du système conduit à un niveau de courant de court-circuit tel que le transformateur ne peut pas, soit physiquement, soit économiquement, être conçu pour résister, le constructeur et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur le maximum de surintensité admise. Dans ce cas, il convient que l'acheteur prenne des dispositions pour limiter le courant de court-circuit à la surintensité indiquée par le constructeur et indiquée sur la plaque signalétique.

3.2.2 Transformateurs à deux enroulements séparés

3.2.2.1 Pour les besoins de la présente norme, on distingue, pour les transformateurs triphasés ou les groupes triphasés, trois catégories selon la puissance nominale:

- catégorie I: jusqu'à 2 500 kVA;
- catégorie II: 2 501 kVA à 100 000 kVA;
- catégorie III: au-dessus de 100 000 kVA.

3.2.2.2 En l'absence d'autres spécifications, le courant de court-circuit symétrique (en valeur efficace, voir 4.1.2) doit être calculé en tenant compte de l'impédance de court-circuit du transformateur et de l'impédance du réseau.

Pour les transformateurs de la catégorie I, on doit négliger dans le calcul du courant de court-circuit, l'impédance du réseau si celle-ci est égale ou inférieure à 5 % de l'impédance de court-circuit du transformateur.

La valeur de crête du courant de court-circuit doit être calculée selon les indications de 4.2.3.

3.2.2.3 Le tableau 1 donne des valeurs minimales caractéristiques d'impédances de court-circuit de transformateurs, exprimées en tension de court-circuit à courant assigné (pour la prise principale). Si des valeurs plus faibles sont spécifiées, la tenue au court-circuit du transformateur doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

3.2 Overcurrent conditions

3.2.1 General considerations

3.2.1.1 Application conditions requiring special consideration

The following situations affecting overcurrent magnitude, duration, or frequency of occurrence require special consideration and shall be clearly identified in transformer specifications:

- regulating transformers with very low impedance that depend on the impedance of directly connected apparatus to limit overcurrents;
- unit generator transformers susceptible to high overcurrents produced by connection of the generator to the system out of synchronism;
- transformers directly connected to rotating machines, such as motors or synchronous condensers, that can act as generators to feed current into the transformer under system fault conditions;
- special transformers and transformers installed in systems characterized by high fault rates; see 3.2.6;
- operating voltage higher than rated maintained at the unfaulted terminal(s) during a fault condition.

3.2.1.2 Current limitations concerning booster transformers

When the combined impedance of the booster transformer and the system result in short-circuit current levels for which the transformer cannot feasibly or economically be designed to withstand, the manufacturer and the purchaser shall mutually agree on the maximum allowed overcurrent. In this case, provision should be made by the purchaser to limit the overcurrent to the maximum value determined by the manufacturer and stated on the rating plate.

3.2.2 Transformers with two separate windings

3.2.2.1 For the purpose of this standard, three categories for the rated power of three-phase transformers or three-phase banks are recognized:

- category I: up to 2 500 kVA;
- category II: 2 501 kVA to 100 000 kVA;
- category III: above 100 000 kVA.

3.2.2.2 In the absence of other specifications, the symmetrical short-circuit current (r.m.s. value, see 4.1.2) shall be calculated using the measured short-circuit impedance of the transformer plus the system impedance.

For transformers of category I, the contribution of the system impedance shall be neglected in the calculation of the short-circuit current if this impedance is equal to or less than 5 % of the short-circuit impedance of the transformer.

The peak value of the short-circuit current shall be calculated in accordance with 4.2.3.

3.2.2.3 Commonly recognized minimum values for the short-circuit impedance of transformers at rated current (principal tapping) are given in table 1. If lower values are required, the ability of the transformer to withstand short circuit shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

Tableau 1 – Valeurs minimales caractéristiques d'impédances de court-circuit de transformateurs à deux enroulements séparés

Impédance de court-circuit à courant assigné	
Puissance assignée kVA	Impédance de court-circuit minimale %
Jusqu'à 630	4,0
631 à 1 250	5,0
1 251 à 2 500	6,0
2 501 à 6 300	7,0
6 301 à 25 000	8,0
25 001 à 40 000	10,0
40 001 à 63 000	11,0
63 001 à 100 000	12,5
Au-dessus de 100 000	>12,5

NOTE 1 Pour les puissances nominales supérieures à 100 000 kVA, les valeurs font généralement l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

NOTE 2 Dans le cas d'éléments monophasés destinés à constituer un groupe triphasé, les valeurs de puissance nominale s'entendent comme étant celles du groupe triphasé.

3.2.2.4 Il convient que la puissance apparente de court-circuit du réseau à l'endroit où est installé le transformateur soit spécifiée par l'acheteur dans son appel d'offres pour permettre de trouver la valeur du courant de court-circuit symétrique à prendre en compte dans le calcul et dans les essais.

Si le niveau de la puissance de court-circuit n'est pas spécifié, on doit utiliser les valeurs données au tableau 2.

Tableau 2 – Puissance apparente de court-circuit du réseau

Tension la plus élevée du réseau, U_m kV	Puissance apparente de court-circuit MVA	
	Pratique européenne courante	Pratique nord-américaine courante
7,2; 12; 17,5 et 24	500	500
36	1 000	1 500
52 et 72,5	3 000	5 000
100 et 123	6 000	15 000
145 et 170	10 000	15 000
245	20 000	25 000
300	30 000	30 000
362	35 000	35 000
420	40 000	40 000
525	60 000	60 000
765	83 500	83 500

NOTE Si ce n'est pas spécifié, il convient de considérer une valeur entre 1 et 3 pour le rapport entre l'impédance homopolaire et l'impédance directe du réseau.

3.2.2.5 Pour les transformateurs à deux enroulements séparés, seul le court-circuit triphasé est normalement pris en compte car il est considéré comme couvrant de manière adéquate tous les autres types de défauts possibles (exception faite du cas spécial traité dans la note de 3.2.5).

NOTE Dans le cas de l'enroulement zigzag, le courant de défaut phase-terre peut atteindre des valeurs supérieures à celle d'un courant de court-circuit triphasé. Cependant, ces fortes valeurs sont limitées dans les deux phases concernées, à la moitié de la bobine et, de plus, les courants dans les autres enroulements montés en étoile sont inférieurs à ceux du courant de court-circuit triphasé. Les risques électrodynamiques de l'enroulement peuvent être soit en triphasé, soit en monophasé en fonction de la technologie des enroulements. Il est recommandé que le constructeur et l'acheteur se mettent d'accord sur le type de court-circuit à prendre en considération.