IEC 60076-5

Edition 3.0 2006-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit

Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 29.180

ISBN 2-8318-8466-7

CONTENTS

FOREWORD 3

1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Requirements with regard to ability to withstand short circuit 5
3.1 General 5
3.2 Overcurrent conditions 6
4 Demonstration of ability to withstand short circuit 9
4.1 Thermal ability to withstand short circuit 9
4.2 Ability to withstand the dynamic effects of short circuit 12

Annex A (informative) Theoretical evaluation of the ability to withstand the dynamic effects of short circuit 21
Annex B (informative) Definition of similar transformer 36

Figure 1 – Star/delta connected transformer 15
Figure 2 – Star/star auto-transformer 16

Table 1 – Recognized minimum values of short-circuit impedance for transformers with two separate windings 7
Table 2 – Short-circuit apparent power of the system 7
Table 3 – Maximum permissible values of the average temperature of each winding after short circuit 11
Table 4 – Values for factor $k \times \sqrt{2}$ 13
Table A.1 – Comparison of forces and stresses in core-type transformers 31
Table A.2 – Comparison of forces and stresses in shell-type transformers 33
Table A.3 — Values for factor K_3 35
Table A.4 — Values for factor K_4 35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

Part 5: Ability to withstand short circuit

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 60076-5 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2000. This third edition constitutes a technical revision.

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

a) introduction of Annex A (informative) – "Theoretical evaluation of the ability to withstand the dynamic effects of short circuit", in place of previous Annex B (normative) – "Calculation method for the demonstration of the ability to withstand short circuit" (blank);
b) introduction of Annex B (informative) – "Definition of similar transformer", in place of previous Annex A (informative) – "Guidance for the identification of a similar transformer".

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

FDIS	Report on voting
14/518/FDIS	14/523/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.

IEC 60076 consists of the following parts, under the general title *Power transformers*:

Part 1: General
Part 2: Temperature rise
Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors
Part 5: Ability to withstand short circuit
Part 6: Reactors [1]
Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers
Part 8: Application guide
Part 10: Determination of sound levels
Part 10-1: Determination of sound levels – Application guide
Part 11: Dry-type transformers
Part 12: Loading guide for dry-type power transformers[1]
Part 13: Self-protected liquid-filled transformers
Part 14: Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials
Part 15: Gas-filled-type power tranformers[1]

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

1 Under consideration.

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 theoretical evaluation method used to demonstrate the 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 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 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*
Amendment 1 (1999)[2]

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

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

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

---

2 There exists a consolidated edition 2.1 (2000) that includes edition 2.0 and its amendment.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 39

1 Domaine d'application 41
2 Références normatives 41
3 Exigences relatives à la tenue au court-circuit 41
3.1 Généralités 41
3.2 Conditions de surintensités 42
4 Démonstration de la tenue au court-circuit 45
4.1 Tenue thermique au court-circuit 45
4.2 Tenue aux effets dynamiques de court-circuit 48

Annexe A (informative) Evaluation théorique de la capacité de résister aux effets dynamiques de court-circuit 57
Annexe B (informative) Définition de transformateur similaire 72

Figure 1 – Transformateur connecté en étoile-triangle 51
Figure 2 – Autotransformateur étoile-étoile 52

Tableau 1 – Valeurs minimales de l'impédance de court-circuit reconnues pour transformateurs à deux enroulements séparés 43
Tableau 2 – Puissance apparente de court-circuit du réseau 43
Tableau 3 – Valeurs maximales admissibles de la température moyenne de chaque enroulement après court-circuit 47
Tableau 4 – Valeurs du facteur $k \times \sqrt{2}$ 49
Tableau A.1 – Comparaison des forces et les contraintes dans les transformateurs colonnes 67
Tableau A.2 – Comparaison des forces et des contraintes dans les transformateurs cuirassés 69
Tableau A.3 — Valeurs pour le facteur K_3 71
Tableau A.4 — Valeurs pour le facteur K_4 71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 5: Tenue au court-circuit

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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 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 tels 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. 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) 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 indispensable 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 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 troisième édition annule et remplace la seconde édition publiée en 2000. Cette troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition comprend les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente de la norme:

a) introduction de l'Annexe A (informative) – «Evaluation théorique de la capacité de résister aux effets dynamiques de court-circuit», au lieu de l'Annexe B (normative) précédente – «Méthode de calcul pour la démonstration de la tenue au court-circuit » (à blanc);
b) introduction de l'Annexe B (informative) – «Définition de transformateur similaire», au lieu de l'Annexe A (informative) précédente – «Guide pour l'identification d'un transformateur similaire».

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/518/FDIS	14/523/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 60076 comprend les parties suivantes présentées sous le titre général *Transformateurs de puissance:*

Partie 1: Généralités

Partie 2: Echauffement

Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air

Partie 4: Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manoeuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance

Partie 5: Tenue au court-circuit

Partie 6: Réacteurs[1]

Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile

Partie 8: Guide d'application

Partie 10: Détermination des niveaux de bruit

Partie 10-1: Détermination des niveaux de bruit – Guide d'application

Partie 11: Transformateurs de type sec

Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de type sec[1]

Partie 13: Transformateurs auto-protégés remplis de liquide

Partie 14: Conception et application des transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux isolants haute température

Partie 15: Gas-filled-type power transformers (titre français non disponible)[1]

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

1 A l'étude.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 5: Tenue au court-circuit

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 identifie les exigences pour les transformateurs de puissance pour résister sans dommage aux 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 utilisée pour démontrer son aptitude à résister aux effets mécaniques afférents. Les exigences s'appliquent aux transformateurs définis dans le domaine d'application de la CEI 60076-1.

2 Références normatives

Les documents de références suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour des références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1*: *Généralités*
Amendement 1 (1999) [2]

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

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

CEI 60076-11:2004, T*ransformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

---

2 Parue également la version 2.1 (2000) regroupant l'édition 2 de 1993 et son amendement de 1999.