

Power transformers - Part 10: Determination of sound level

Power transformers - Part 10: Determination of
sound level

English version

Power transformers
Part 10: Determination of sound levels
(IEC 60076-10:2001)

Transformateurs de puissance
Partie 10: Détermination des
niveaux de bruit
(CEI 60076-10:2001)

Leistungstransformatoren
Teil 10: Bestimmung der Geräuschpegel
(IEC 60076-10:2001)

This European Standard was approved by CENELEC on 2001-06-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

Foreword

The text of document 14/390/FDIS, future edition 1 of IEC 60076-10, prepared by IEC TC 14, Power transformers, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 60076-10 on 2001-06-01.

This European Standard supersedes EN 60551:1992 + A1:1997.

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented
at national level by publication of an identical
national standard or by endorsement (dop) 2002-03-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2004-06-01

Annexes designated "normative" are part of the body of the standard.

Annexes designated "informative" are given for information only.

In this standard, annex ZA is normative and annexes A and B are informative.

Annex ZA has been added by CENELEC.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 60076-10:2001 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

Annex ZA (normative)

Normative references to international publications with their corresponding European publications

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

NOTE When an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60076	Series	Power transformers	EN 60076	Series
IEC 60289 (mod)	1988	Reactors	EN 60289	1994
IEC 60651	1979	Sound level meters	EN 60651	1994
IEC 60726 (mod)	1982	Dry-type power transformers	HD 464 S1 ¹⁾ + A2 + A3 + A4	1988 1991 1992 1995
IEC 61043	1993	Electroacoustics - Instruments for the measurement of sound intensity - Measurement with pairs of pressure sensing microphones	EN 61043	1994
IEC 61378	Series	Convertor transformers	EN 61378	Series
ISO 3746	1995	Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure - Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane	EN ISO 3746	1995
ISO 9614-1	1993	Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 1: Measurement at discrete points	EN ISO 9614-1	1995

¹⁾ HD 464 S1 includes A1:1986 to IEC 60726:1982.

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 60076-10:2002 sisaldab Euroopa standardi EN 60076-10:2001 ingliskeelset teksti. Käesolev dokument on jõustatud 18.12.2002 ja selle kohta on avaldatud teade Eesti standardiorganisatsiooni ametlikus väljaandes. Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.	This Estonian standard EVS-EN 60076-10:2002 consists of the English text of the European standard EN 60076-10:2001. This document is endorsed on 18.12.2002 with the notification being published in the official publication of the Estonian national standardisation organisation. The standard is available from Estonian standardisation organisation.
--	---

Käsitlusala: This standard defines sound pressure and sound intensity measurement methods by which sound power levels of transformers, reactors and their associated cooling auxiliaries may be determined. The methods are applicable to transformers and reactors covered by publications IEC 60076, IEC 60289, IEC 60726 and IEC 61378, without limitation as regards size or voltage and when fitted with their normal cooling auxiliaries. This standard is primarily intended to apply to measurements made at the factory. Conditions on-site may be very different because of the proximity of objects, including other transformers. Nevertheless, the same general rules as are given in this standard may be followed when onsite measurements are made. For the purposes of this standard, the term 'transformer' should be taken to mean 'transformer or reactor'.	Scope: This standard defines sound pressure and sound intensity measurement methods by which sound power levels of transformers, reactors and their associated cooling auxiliaries may be determined. The methods are applicable to transformers and reactors covered by publications IEC 60076, IEC 60289, IEC 60726 and IEC 61378, without limitation as regards size or voltage and when fitted with their normal cooling auxiliaries. This standard is primarily intended to apply to measurements made at the factory. Conditions on-site may be very different because of the proximity of objects, including other transformers. Nevertheless, the same general rules as are given in this standard may be followed when onsite measurements are made. For the purposes of this standard, the term 'transformer' should be taken to mean 'transformer or reactor'.
--	--

ICS 29.180

Võtmesõnad: determination, power transformers, sound levels

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60076-10

Première édition
First edition
2001-05

Transformateurs de puissance –

**Partie 10:
Détermination des niveaux de bruit**

Power transformers –

**Part 10:
Determination of sound levels**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60076-10:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60076-10

Première édition
First edition
2001-05

Transformateurs de puissance –

**Partie 10:
Détermination des niveaux de bruit**

Power transformers –

**Part 10:
Determination of sound levels**

© IEC 2005 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Termes et définitions	14
4 Instrumentation et étalonnage	16
5 Choix de la méthode d'essai	16
6 Conditions de charge	18
6.1 Généralités	18
6.2 Courant à vide et tension assignée	18
6.3 Courant assigné et tension de court-circuit	18
6.4 Courant de charge réduite	20
7 Surface de rayonnement principale	20
7.1 Généralités	20
7.2 Transformateurs avec ou sans auxiliaire de refroidissement, transformateurs de type sec dans des enveloppes et transformateurs de type sec avec auxiliaires de refroidissement à l'intérieur de l'enveloppe	20
7.3 Auxiliaires de refroidissement montés sur une structure séparée espacée à une distance ≥ 3 m de la surface de rayonnement principale du transformateur	22
7.4 Transformateurs de type sec sans enveloppes	22
8 Contour prescrit	22
9 Positions de microphone	22
10 Calcul de la zone de la surface de mesure	24
10.1 Mesures effectuées à 0,3 m de la surface de rayonnement principale	24
10.2 Mesures effectuées à 2 m de la surface de rayonnement principale	24
10.3 Mesures effectuées à 1 m de la surface de rayonnement principale	24
10.4 Mesures sur des objets d'essai où les considérations de distance de sécurité exigent une distance de mesure qui pour tout ou partie des contours prescrits dépasse les dispositions de 10.1 à 10.3	24
11 Méthode de pression acoustique	26
11.1 Environnement d'essai	26
11.2 Mesures du niveau de la pression acoustique	30
11.3 Calcul du niveau de pression acoustique moyen	32
12 Méthode d'intensité acoustique	34
12.1 Environnement d'essai	34
12.2 Mesures du niveau d'intensité acoustique	36
12.3 Calcul du niveau d'intensité acoustique moyen	36
13 Calcul du niveau de puissance acoustique	38
14 Ajout des niveaux de puissance acoustique à courant à vide et de charge	38
15 Calculs en champ lointain	40
16 Présentation des résultats	40
 Annexe A (informative) Mesures à bande étroite et temps synchrone	 56
Annexe B (informative) Rapport type de la détermination du niveau acoustique	60

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	13
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	15
4 Instrumentation and calibration.....	17
5 Choice of test method.....	17
6 Load conditions.....	19
6.1 General.....	19
6.2 No-load current and rated voltage	19
6.3 Rated current and short-circuit voltage	19
6.4 Reduced-load current.....	21
7 Principal radiating surface.....	21
7.1 General.....	21
7.2 Transformers with or without cooling auxiliaries, dry-type transformers in enclosures and dry-type transformers with cooling auxiliaries inside the enclosure	21
7.3 Cooling auxiliaries mounted on a separate structure spaced ≥ 3 m away from the principal radiating surface of the transformer.....	23
7.4 Dry-type transformers without enclosures.....	23
8 Prescribed contour	23
9 Microphone positions.....	23
10 Calculation of the area of the measurement surface	25
10.1 Measurements made at 0,3 m from the principal radiating surface.....	25
10.2 Measurements made at 2 m from the principal radiating surface.....	25
10.3 Measurements made at 1 m from the principal radiating surface.....	25
10.4 Measurements on test objects where safety clearance considerations require a measurement distance which for all or part of the prescribed contour(s) exceeds the provisions of 10.1 to 10.3	25
11 Sound pressure method.....	27
11.1 Test environment.....	27
11.2 Sound pressure level measurements	31
11.3 Calculation of average sound pressure level	33
12 Sound intensity method	35
12.1 Test environment.....	35
12.2 Sound intensity level measurements	37
12.3 Calculation of average sound intensity level	37
13 Calculation of sound power level	39
14 Addition of no-load and load current sound power levels	39
15 Far-field calculations	41
16 Presentation of results.....	41
Annex A (informative) Narrow-band and time-synchronous measurements	57
Annex B (informative) Typical report of sound level determination	61

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 10: Détermination des niveaux de bruit

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 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 60076-10 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette première édition de la CEI 60076-10 annule et remplace la CEI 60551, publiée en 1987 et son amendement 1 (1995) et constitue une révision technique.

Cette version bilingue (2005-07) remplace la version monolingue anglaise.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 14/390/FDIS et 14/394/RVD. Le rapport de vote 14/394/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

Part 10: Determination of sound levels

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 60076-10 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

This first edition of IEC 60076-10 cancels and replaces IEC 60551, published in 1987 and its amendment 1 (1995), and constitutes a technical revision.

This bilingual version (2005-07) replaces the English version.

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

FDIS	Report on voting
14/390/FDIS	14/394/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.

La version française n'a pas été soumise au vote.

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

La CEI 60076 comprend les parties suivantes, regroupées 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 manœuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance
- Partie 5: Tenue au court-circuit
- Partie 6: Reactors
- Partie 7: Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile
- Partie 8: Guide d'application
- Partie 10: Détermination des niveaux de bruit
- Partie 11: Transformateurs de type sec
- Partie 13: Transformateurs auto-protégés à remplissage liquide
- Partie 14: Conception et application des transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux isolants haute température

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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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
- Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers
- Part 8: Application guide
- Part 10: Determination of sound levels
- Part 11: Dry-type transformers
- Part 13: Self protected liquid filled transformers
- Part 14: Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials

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.

INTRODUCTION

L'un des nombreux paramètres à prendre en considération lors de la conception et de l'implantation des transformateurs, des bobines d'inductance et de leur matériel de refroidissement associé est la quantité de son que le matériel est susceptible d'émettre dans des conditions de fonctionnement normal sur le site.

Sources acoustiques

Le son audible rayonné par des transformateurs est engendré par une combinaison de déformations à magnétostriction du noyau et des forces électromagnétiques dans les enroulements, les parois de cuves et les écrans magnétiques. Depuis toujours, le son engendré par le champ magnétique induisant des vibrations longitudinales dans les tôles de noyau a été prédominant. L'amplitude de ces vibrations dépend de la densité de flux dans les tôles et des propriétés magnétiques de l'acier du noyau, et est de ce fait indépendante du courant de charge. Des récents progrès dans la conception de noyau, combinés à l'utilisation de niveaux d'induction faibles, ont réduit la quantité de son émis dans le noyau de sorte que le son provoqué par les forces électromagnétiques peut devenir significatif.

L'écoulement de courant dans les conducteurs à enroulement produit des forces électromagnétiques dans les enroulements. De plus, les champs magnétiques parasites peuvent induire des vibrations dans les composants structurels. La force (et par là même, l'amplitude des vibrations) est proportionnelle au carré du courant, et la puissance acoustique rayonnée est proportionnelle au carré de l'amplitude vibratoire. Par conséquent, la puissance acoustique rayonnée est fortement dépendante du courant de charge. Les vibrations dans les ensembles d'enroulement et de noyau peuvent alors induire des oscillations de résonance dans les parois des cuves, les écrans magnétiques et les canalisations d'air (le cas échéant).

Dans le cas de bobines d'inductance séries ou shunt dans l'air, de type sec, le son est engendré par des forces électromagnétiques agissant sur les enroulements d'une manière similaire à celle décrite plus haut. Ces forces oscillatoires font vibrer l'inductance de manière à la fois axiale et radiale; les supports radiaux et axiaux ainsi que les tolérances de fabrication peuvent aboutir à l'excitation de modes en plus de ceux de symétrie de révolution. En cas d'inductances à noyau de fer, davantage de vibrations sont induites par des forces agissant dans le circuit magnétique. En cas d'inductances à noyau de fer, davantage de vibrations sont induites par des forces agissant dans le circuit magnétique.

Pour toutes usines électriques, il convient de bien saisir la conséquence de la présence d'harmoniques plus élevées sur l'alimentation électrique. Normalement, des vibrations se produisent aux harmoniques pairs de la fréquence industrielle, la première harmonique étant dominante. Si d'autres fréquences sont présentes dans l'alimentation électrique, d'autres forces peuvent être induites. Pour certaines applications, cela peut être significatif, en particulier du fait que l'oreille humaine est plus sensible à ces fréquences supérieures.

Tout équipement de refroidissement associé générera également du bruit en fonctionnement. Les ventilateurs et les pompes ont tous deux tendance à générer du bruit à large bande dû au débit d'air ou d'huile forcé.

Mesure du son

Des mesures de niveau acoustique ont été développées pour quantifier des variations de pression dans l'air que peut détecter l'oreille humaine. La variation de pression la plus faible qu'une oreille humaine saine peut détecter est de 20 μ Pa. Il s'agit du niveau de référence (0 dB) auquel sont comparés tous les autres niveaux. La sonie perçue d'un signal est dépendante de la sensibilité de l'oreille humaine à son spectre des fréquences. Les instruments de mesure modernes traitent des signaux acoustiques à travers les réseaux électroniques dont la sensibilité varie avec la fréquence d'une manière similaire à l'oreille humaine. Les instruments de mesure modernes traitent des signaux acoustiques à travers les réseaux électroniques dont la sensibilité varie avec la fréquence d'une manière similaire à l'oreille humaine. Cela a eu comme conséquence un certain nombre de pondérations normalisées sur le plan international desquelles le dispositif de pondération A est le plus commun.

INTRODUCTION

One of the many parameters to be considered when designing and siting transformers, reactors and their associated cooling equipment is the amount of sound that the equipment is likely to emit under normal operating conditions on site.

Sources of sound

The audible sound radiated by transformers is generated by a combination of magnetostrictive deformation of the core and electromagnetic forces in the windings, tank walls and magnetic shields. Historically, the sound generated by the magnetic field inducing longitudinal vibrations in the core laminations has been dominant. The amplitude of these vibrations depends on the flux density in the laminations and the magnetic properties of the core steel, and is therefore independent of the load current. Recent advances in core design, combined with the use of low induction levels, have reduced the amount of sound generated in the core such that the sound caused by the electromagnetic forces may become significant.

Current flowing in the winding conductors produces electromagnetic forces in the windings. In addition, stray magnetic fields may induce vibrations in structural components. The force (and therefore the amplitude of the vibrations) is proportional to the square of the current, and the radiated sound power is proportional to the square of the vibrational amplitude. Consequently, the radiated sound power is strongly dependent on the load current. Vibrations in core and winding assemblies can then induce sympathetic vibrations in tank walls, magnetic shields and air ducts (if present).

In the case of dry-type, air-cored shunt or series reactors, sound is generated by electromagnetic forces acting on the windings in a similar manner to that described above. These oscillatory forces cause the reactor to vibrate both axially and radially, and the axial and radial supports and manufacturing tolerances may result in the excitation of modes in addition to those of rotational symmetry. In the case of iron-cored reactors, further vibrations are induced by forces acting in the magnetic circuit.

For all electrical plants, the consequence of the presence of higher harmonics on the power supply should be understood. Normally, vibrations occur at even harmonics of the power frequency, with the first harmonic being dominant. If other frequencies are present in the power supply, other forces may be induced. For certain applications, this may be significant, particularly because the human ear is more sensitive to these higher frequencies.

Any associated cooling equipment will also generate noise when operating. Fans and pumps both tend to generate broad-band noise due to the forced flow of air or oil.

Measurement of sound

Sound level measurements have been developed to quantify pressure variations in air that a human ear can detect. The smallest pressure variation that a healthy human ear can detect is 20 μPa . This is the reference level (0 dB) to which all the other levels are compared. The perceived loudness of a signal is dependent upon the sensitivity of the human ear to its frequency spectrum. Modern measuring instruments process sound signals through electronic networks, the sensitivity of which varies with frequency in a manner similar to the human ear. This has resulted in a number of internationally standardized weightings of which the A-weighting network is the most common.

L'intensité acoustique est définie comme le débit de flux d'énergie par unité de surface et est mesurée en watts par mètre carré. Il s'agit d'une grandeur vectorielle tandis que la pression acoustique est une grandeur scalaire et est définie uniquement par son amplitude.

La puissance acoustique est le paramètre qui est utilisé pour évaluer et comparer les sources acoustiques. Il s'agit d'un descripteur de base d'une puissance acoustique de source et, par conséquent, d'une propriété physique absolue de la source seule qui est indépendante de tous facteurs externes tels que l'environnement et la distance au récepteur.

La puissance acoustique peut être calculée à partir des déterminations de pression acoustique ou d'intensité acoustique. Les mesures de l'intensité acoustique présentent les avantages suivants comparé aux mesures de la pression acoustique:

- un intensimètre répond seulement à la partie de propagation d'un champ acoustique et ignore toute partie de non propagation, par exemple les ondes stationnaires et les réflexions;
- la méthode réduit l'influence des sources acoustiques externes, tant que leur niveau acoustique est approximativement constant.

La méthode de la pression acoustique prend en compte ces influences par la correction des réflexions et du bruit de fond.

En vue d'une discussion approfondie de ces techniques de mesure, voir la CEI 60076-10-1: Détermination des niveaux de bruit – Guide d'application.

Sound intensity is defined as the rate of energy flow per unit area and is measured in watts per square metre. It is a vector quantity whereas, sound pressure is a scalar quantity and is defined only by its magnitude.

Sound power is the parameter which is used for rating and comparing sound sources. It is a basic descriptor of a source's acoustic output, and therefore an absolute physical property of the source alone which is independent of any external factors such as environment and distance to the receiver.

Sound power can be calculated from sound pressure or sound intensity determinations. Sound intensity measurements have the following advantages over sound pressure measurements:

- an intensity meter responds only to the propagating part of a sound field and ignores any non-propagating part, for example, standing waves and reflections;
- the intensity method reduces the influence of external sound sources, as long as their sound level is approximately constant.

The sound pressure method takes the above factors into account by correcting for background noise and reflections.

For a detailed discussion of these measuring techniques, see IEC 60076-10-1: Determination of sound levels – Application guide.

This document is a preview generated by EVS

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 10: Détermination des niveaux de bruit

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 définit les méthodes de mesure de la pression acoustique et de l'intensité acoustique par lesquelles peuvent être déterminés les niveaux de puissance acoustique des transformateurs, bobines d'inductance et leurs auxiliaires de refroidissement associés.

NOTE Pour les besoins de la présente norme, il convient que le terme de « transformateur » soit utilisé dans le sens « transformateur ou bobine d'inductance ».

Les méthodes sont applicables aux transformateurs et bobines d'inductance couverts par la série CEI 60076, la CEI 60289, la CEI 60076-11 et la série CEI 61378, sans limite quant à la taille ou la tension et lorsqu'ils sont adaptés aux auxiliaires de refroidissement normaux.

Cette norme est principalement destinée aux mesures effectuées en usine. Les conditions sur le site peuvent être très différentes, à cause de la proximité des objets, y compris d'autres transformateurs. Néanmoins, les mêmes règles générales données dans cette norme peuvent être suivies lorsque sont effectuées des mesures sur le site.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les 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 (toutes les parties), *Transformateurs de puissance*

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

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

CEI 60289:1988, *Bobines d'inductance*

CEI 61043:1993, *Electroacoustique – Instruments pour la mesure de l'intensité acoustique – Mesure au moyen d'une paire de microphones de pression*

CEI 61378 (toutes les parties), *Transformateurs de conversion*

CEI 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

CEI 61672-2, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 2: Essais d'évaluation d'un modèle*

ISO 3746:1995, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 9614-1:1993, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

POWER TRANSFORMERS –

Part 10: Determination of sound levels

1 Scope

This part of IEC 60076 defines sound pressure and sound intensity measurement methods by which sound power levels of transformers, reactors and their associated cooling auxiliaries may be determined.

NOTE For the purpose of this standard, the term "transformer" means "transformer or reactor".

The methods are applicable to transformers and reactors covered by the IEC 60076 series, IEC 60289, IEC 60076-11 and the IEC 61378 series, without limitation as regards size or voltage and when fitted with their normal cooling auxiliaries.

This standard is primarily intended to apply to measurements made at the factory. Conditions on-site may be very different because of the proximity of objects, including other transformers. Nevertheless, the same general rules as are given in this standard may be followed when on-site measurements are made.

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 (all parts), *Power transformers*

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

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

IEC 60289:1988, *Reactors*

IEC 61043:1993, *Electroacoustics – Instruments for the measurement of sound intensity – Measurement with pairs of pressure sensing microphones*

IEC 61378 (all parts), *Convertor transformers*

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*

ISO 3746:1995, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 9614-1:1993, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*