



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Power transformers –
Part 10: Determination of sound levels**

**Transformateurs de puissance –
Partie 10: Détermination des niveaux de bruit**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-3252-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
4 Sound power for different loading conditions	11
4.1 General.....	11
4.2 Sound power at no-load excitation	12
4.3 Sound power of the cooling device(s)	12
4.4 Sound power due to load current	12
5 Sound level measurement specification.....	14
6 Instrumentation, calibration and accuracy.....	15
7 Principal radiating surface.....	16
7.1 General.....	16
7.2 Transformers with or without cooling device.....	16
7.3 Transformers in enclosures with cooling devices inside the enclosure	16
7.4 Transformers in enclosures with cooling devices outside the enclosure	17
7.5 Cooling devices mounted on a separate structure where the distance between the two principal radiating surfaces is ≥ 3 m	17
7.6 Dry-type transformers.....	17
7.7 Dry-type air-core reactors.....	17
8 Prescribed contour	18
9 Microphone positions.....	19
10 Calculation of the measurement surface area	19
10.1 Measurement surface area for measuring distances up to 30 m.....	19
10.2 Measurement surface area for measuring distances larger than 30 m.....	19
11 Sound measurement.....	20
11.1 Test conditions.....	20
11.1.1 Placement of test object.....	20
11.1.2 Test energisation options	20
11.1.3 Test application details	21
11.1.4 Prevailing ambient conditions	21
11.2 Sound pressure method	21
11.2.1 General	21
11.2.2 Test procedure.....	21
11.2.3 Calculation of the spatially averaged sound pressure level.....	22
11.2.4 Validation of test measurements with respect to background noise.....	23
11.2.5 Calculation of environmental correction K	23
11.2.6 Final correction for steady-state background noise and test environment.....	25
11.3 Sound intensity method	26
11.3.1 General	26
11.3.2 Test procedure.....	26
11.3.3 Calculation of average normal sound intensity and sound pressure level	27
11.3.4 Measurement validation	28
11.3.5 Final correction based on P-I index and direction flag	28

12	Determination of sound power level by calculation	29
13	Logarithmic addition and subtraction of individual sound levels	29
14	Far-field calculations for distances larger than 30 m	30
15	Presentation of results	31
	Annex A (informative) Narrow-band and time-synchronous measurements	40
A.1	General considerations	40
A.2	Narrow-band measurement	40
A.2.1	General	40
A.2.2	Post processing of narrow-band measurements to exclude background noise	41
A.3	Time-synchronous averaging technique	41
	Annex B (informative) Typical report of sound level determination	42
B.1	Sound pressure method	42
B.2	Sound pressure method – Appendix for the point-by-point procedure	50
B.3	Sound intensity method	51
B.4	Sound intensity method – Appendix for the point-by-point procedure	59
	Bibliography	60
	Figure 1 – Typical microphone path / positions for sound measurement on transformers excluding cooling devices	33
	Figure 2 – Typical microphone path / positions for sound measurement on transformers having cooling devices mounted either directly on the tank or on a separate structure spaced < 3 m away from the principal radiating surface of the main tank	34
	Figure 3 – Typical microphone path / positions for sound measurement on transformers having separate cooling devices spaced < 3 m away from the principal radiating surface of the main tank	35
	Figure 4 – Typical microphone path / positions for sound measurement on cooling devices mounted on a separate structure spaced ≥ 3 m away from the principal radiating surface of the transformer	36
	Figure 5 – Typical microphone positions for sound measurement on dry-type transformers without enclosures	37
	Figure 6 – Principle radiating surface and prescribed contour of dry-type air-core reactors	38
	Figure 7 – Environmental correction, K	39
	Table 1 – Test acceptance criteria	23
	Table 2 – Approximate values of the average acoustic absorption coefficient	25

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001 and constitutes a technical revision.

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

- additional useful definitions introduced;
- definition of distribution type transformers introduced for the purpose this standard;
- new clause for sound level measurement specification introduced;
- requirement for 1/3 octave band measurements introduced for transformers other than distribution type transformers;

- standard measurement distance changed from 0,3 m to 1 m for transformers other than distribution type transformers;
- height of measurement surface is now clearly defined to count from the reflecting plane;
- measurement surface formula unified;
- correction criteria for intensity method introduced;
- rules for sound measurements on dry-type reactors introduced;
- figures revised;
- new informative test report templates introduced (Annex B);
- IEC 60076-10-1 (application guide) revised in parallel providing worthwhile information for the use of this standard.

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

FDIS	Report on voting
14/846/FDIS	14/849/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60076 series, published under the general title *Power transformers*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

One of many parameters considered when specifying, designing and placing transformers, reactors and their associated cooling devices is the sound level that the equipment is likely to emit under defined in-service conditions. This part of IEC 60076 provides the basis for the specification and test of sound levels.

This standard describes in a logical sequence the loading conditions, how to specify and to test as well as how to evaluate and report sound levels for the equipment under test. A new section for the specification of sound levels has been introduced as Clause 5.

For the purpose of this standard, the definition “distribution type transformers” was introduced. This reflects industry’s need to maintain simpler and faster sound measurements for this category of transformers.

The new requirement for reporting 1/3-octave band spectra for all sound levels (including the background noise) on units for installation in substations reflects the more onerous conditions imposed by planning authorities on the purchaser and also the improved functionality of modern instrumentation.

When the sound intensity method was introduced in this standard limited experience was available. During subsequent years of operating this standard levels of experience have significantly increased and necessary changes have become evident. The equivalence of the pressure and the intensity methods has been demonstrated within certain test limitations.

The introduction of new validation criteria for the intensity method recognises these limitations. The permissible pressure – intensity index ΔL remains 8 dB however the difference between measured sound pressure level and reported sound intensity level is limited to 4 dB.

For the pressure method the correction procedure for reflections has been enhanced by recommending the application of frequency dependent K values derived by measurement of the reverberation time of the test facility. Where K is derived from absorption coefficients the table for the average absorption coefficients has been rationalised to represent surfaces likely to be found in the working environment.

Walk-around procedure and point-by-point procedure are equally applicable. The walk-around procedure reflects the evolution of working practice allowing more time efficient measurements mainly on large units. For distribution type transformers and in special situations (health and safety) the point-by-point procedure is more appropriate.

In order to mitigate near-field effects the preferred measurement distance is set to 1 m with exceptions for distribution type transformers, small test facilities, situations with low signal-to-noise ratio and for health and safety where the distance is maintained at 0,3 m.

One single formula for the calculation of the measurement surface area S has been introduced because the former complexity could only result in differences always smaller than 1 dB.

All figures describing the measurement surface area have been revised to be in accordance with the enveloping method for sound power determination. The height h is always measured from the test facility floor regardless of the height of the supports beneath the test object unless the test object is mounted on a support with a sufficiently large surface acting as reflecting plane.

Additional figures explain the procedure for the determination of the measurement surface area and the prescribed contour for a number of configurations of dry-type reactors.

When using this standard, it is recommended to frequently refer to the corresponding application guide IEC 60076-10-1:2016 as it promotes understanding with important background information and helpful details. IEC 60076-10 and IEC 60076-10-1 were revised in parallel by the same maintenance team resulting in fully aligned documents.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076 10 ed 2.0:2016

POWER TRANSFORMERS –

Part 10: Determination of sound levels

1 Scope

This Part of IEC 60076 defines sound pressure and sound intensity measurement methods from which sound power levels of transformers, reactors and their associated cooling devices are determined.

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

The methods are applicable to transformers, reactors and their cooling devices – either fitted to or separate from the transformer – as covered by the IEC 60076 and IEC 61378 series.

This standard is primarily intended to apply to measurements made at the factory. Conditions on-site can be very different because of the proximity of objects, including other transformers. Nevertheless, this standard is applied to the extent possible for on-site measurements.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

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

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

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

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

ISO 3382-2:2008, *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*

ISO 3746:2010, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy 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*

ISO 9614-2:1996, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	64
INTRODUCTION.....	66
1 Domaine d'application.....	68
2 Références normatives	68
3 Termes et définitions	69
4 Puissance acoustique pour différentes conditions de charge.....	72
4.1 Généralités	72
4.2 Puissance acoustique sous tension à vide	72
4.3 Puissance acoustique du ou des dispositifs de refroidissement	72
4.4 Puissance acoustique due au courant de charge.....	73
5 Spécification des mesures du niveau de bruit.....	74
6 Instrumentation, étalonnage et précision	76
7 Surface de rayonnement principale	77
7.1 Généralités	77
7.2 Transformateurs avec ou sans dispositif de refroidissement.....	77
7.3 Transformateurs situés dans des enveloppes avec dispositifs de refroidissement à l'intérieur de l'enveloppe	77
7.4 Transformateurs situés dans des enveloppes avec dispositifs de refroidissement à l'extérieur de l'enveloppe.....	77
7.5 Dispositifs de refroidissement montés sur une structure séparée, la distance entre les deux surfaces de rayonnement principales étant ≥ 3 m	78
7.6 Transformateurs de type sec	78
7.7 Bobines d'inductance sans fer de type sec.....	78
8 Contour prescrit.....	79
9 Positions de microphone.....	80
10 Calcul de la superficie de mesure	80
10.1 Superficie de mesure pour des distances de mesure allant jusqu'à 30 m	80
10.2 Superficie de mesure pour des distances de mesure supérieures à 30 m.....	81
11 Mesure acoustique	81
11.1 Conditions d'essai	81
11.1.1 Positionnement de l'objet en essai.....	81
11.1.2 Options d'alimentation pour les essais.....	82
11.1.3 Informations sur l'application des essais.....	82
11.1.4 Conditions ambiantes dominantes	82
11.2 Méthode de pression acoustique	82
11.2.1 Généralités	82
11.2.2 Procédure d'essai	83
11.2.3 Calcul du niveau de pression acoustique moyenné spatialement.....	83
11.2.4 Validation des mesures d'essai par rapport au bruit de fond.....	84
11.2.5 Calcul de la correction environnementale K	85
11.2.6 Correction finale pour le bruit de fond d'état permanent et l'environnement d'essai	87
11.3 Méthode d'intensité acoustique.....	88
11.3.1 Généralités	88
11.3.2 Procédure d'essai	88

11.3.3	Calcul de l'intensité acoustique normale moyenne et du niveau de pression acoustique moyen	89
11.3.4	Validation des mesures	89
11.3.5	Correction finale basée sur l'indice P-I et sur l'indicateur de direction	90
12	Détermination du niveau de puissance acoustique par calcul	90
13	Addition et soustraction logarithmiques des niveaux de bruit individuels	91
14	Calculs de champ lointain pour les distances supérieures à 30 m	92
15	Présentation des résultats	92
Annexe A (informative) Mesures de bande étroite et mesures synchrones		102
A.1	Considérations générales	102
A.2	Mesure de bande étroite	102
A.2.1	Généralités	102
A.2.2	Post-traitement des mesures de bande étroite pour exclure le bruit de fond	103
A.3	Technique de moyenne synchrone	103
Annexe B (informative) Rapport type de la détermination du niveau de bruit		104
B.1	Méthode de pression acoustique	104
B.2	Méthode de pression acoustique – Annexe concernant la procédure point par point	113
B.3	Méthode d'intensité acoustique	114
B.4	Méthode d'intensité acoustique – Annexe concernant la procédure point par point	123
Bibliographie		124
Figure 1 – Trajet / positions de microphone types pour la mesure acoustique sur les transformateurs, à l'exclusion des dispositifs de refroidissement		95
Figure 2 – Trajet / positions de microphone types pour la mesure acoustique sur les transformateurs ayant des dispositifs de refroidissement montés soit directement sur la cuve, soit sur une structure séparée espacée d'une distance < 3 m de la surface de rayonnement principale de la cuve		96
Figure 3 – Trajet / positions de microphone types pour la mesure acoustique sur les transformateurs ayant des dispositifs de refroidissement séparés, espacés d'une distance < 3 m de la surface de rayonnement principale de la cuve principale		97
Figure 4 – Trajet / positions de microphone type pour la mesure acoustique sur des dispositifs de refroidissement montés sur une structure séparée espacée d'une distance de ≥ 3 m de la surface de rayonnement principale du transformateur		98
Figure 5 – Positions de microphone types pour la mesure acoustique sur des transformateurs de type sec sans enveloppes		99
Figure 6 – Surface de rayonnement principale et contour prescrit des bobines d'inductance dans l'air de type sec		100
Figure 7 – Correction environnementale, K		101
Tableau 1 – Critères d'acceptation d'essai		85
Tableau 2 – Valeurs approximatives du facteur d'absorption acoustique moyen		86

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 10: Détermination des niveaux de bruit

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60076-10 a été établie par le comité d'études 14 de l'IEC: Transformateurs de puissance

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- introduction de définitions utiles supplémentaires;
- introduction d'une définition des transformateurs de distribution pour les besoins de la présente norme;
- introduction d'un nouvel article relatif à la spécification des mesures du niveau de bruit;

- introduction d'une exigence relative aux mesures de la bande de 1/3 d'octave concernant les transformateurs autres que les transformateurs de distribution;
- modification de la distance de mesure normalisée qui passe de 0,3 m à 1 m pour les transformateurs autres que les transformateurs de distribution;
- la hauteur de la surface de mesure est désormais clairement définie à partir du plan réfléchissant;
- unification de la formule relative à la surface de mesure;
- introduction de critères de correction concernant la méthode d'intensité;
- introduction de règles relatives aux mesures du son sur des bobines d'inductance de type sec;
- révision des figures;
- introduction de nouveaux modèles de rapport d'essai informatifs (Annexe B);
- révision de l'IEC 60076-10-1 (guide d'application) en parallèle et ajout d'informations utiles relatives à l'utilisation de la présente norme.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/846/FDIS	14/849/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60076, publiées sous le titre général *Transformateurs de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.