

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 551

Première édition — First edition

1976

Mesure des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance

Measurement of transformer and reactor sound levels



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 551

Première édition — First edition

1976

Mesure des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance

Measurement of transformer and reactor sound levels



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Appareils de mesure	6
3. Définitions	6
4. Conditions de mesure	8
4.1 Critères de qualité pour la zone d'essai	8
4.2 Conditions de fonctionnement de l'appareil pendant la mesure	8
4.3 Grandeurs à mesurer	10
5. Méthodes de mesure	10
5.1 Mesure du bruit de fond	10
5.2 Mesure du bruit de l'appareil	12
6. Calculs et interprétation des résultats	14
6.1 Calcul du niveau de pression acoustique moyen corrigé	14
6.2 Calcul de l'aire de la surface équivalente	16
6.3 Calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A	16
6.4 Calcul du niveau de pression acoustique créé par l'appareil à une distance donnée	16
6.5 Application du calcul du niveau de pression acoustique à une distance donnée, à des cas particuliers	18
7. Présentation des résultats	18
FIGURES	24
ANNEXE A — Procédure de qualification de la zone d'essai	28
FIGURE	32
ANNEXE B — Calcul d'une moyenne quadratique	34
FIGURE	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Instruments	7
3. Definitions	7
4. Conditions for measurement	9
4.1 Criteria for adequacy of the test environment	9
4.2 Operating conditions of equipment during measurement	9
4.3 Quantities to be measured	11
5. Measurement methods	11
5.1 Background noise measurement	11
5.2 Equipment sound level measurement	13
6. Calculations and interpretation of results	15
6.1 Calculation of corrected mean sound level	15
6.2 Calculation of the area of the effective surface	17
6.3 Calculation of A-weighted sound power level	17
6.4 Calculation of sound level at a distance from the equipment	17
6.5 Application of the calculation of sound level at a distance to specific arrangements	19
7. Presentation of results	19
FIGURES	24
APPENDIX A — Test environment qualification procedure	29
FIGURE	33
APPENDIX B — Calculation of quadratic mean	35
FIGURE	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURE DES NIVEAUX DE BRUIT DES TRANSFORMATEURS ET DES BOBINES D'INDUCTANCE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance. Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bruxelles en 1971. A la suite de cette réunion, un projet, document 14(Bureau Central)23, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1972.

Des modifications, document 14(Bureau Central)31, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Japon
Argentine	Norvège
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n° 76: Transformateurs de puissance.
179: Sonomètres de précision.
289: Bobines d'inductance.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT OF TRANSFORMER AND REACTOR SOUND LEVELS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 14, Power Transformers.

A first draft was discussed at the meeting held in Brussels in 1971. As a result of this meeting, a draft, Document 14(Central Office)23, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1972.

Amendments, Document 14(Central Office)31, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Argentina
Australia
Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan
Netherlands

Norway
Poland
Portugal
Romania
South Africa
(Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 76: Power Transformers.
179: Precision Sound Level Meters.
289: Reactors.

MESURE DES NIVEAUX DE BRUIT DES TRANSFORMATEURS ET DES BOBINES D'INDUCTANCE

1. Domaine d'application

La présente norme définit les méthodes par lesquelles les niveaux de bruit des transformateurs, des bobines d'inductance et de leurs dispositifs de refroidissement associés doivent être mesurés dans les ateliers du constructeur, de telle sorte que l'on puisse contrôler la conformité à des exigences spécifiées et déterminer les caractéristiques du bruit émis en service.

Cette norme s'applique aux mesures effectuées dans les ateliers du constructeur, car, lorsque les mesures sont faites sur place, les conditions peuvent être très différentes en raison de la proximité d'objets étrangers, de bruits extérieurs, etc. Néanmoins, les mêmes règles générales que celles figurant dans la présente norme peuvent être suivies en cas de mesures effectuées sur place.

Dans les cas où l'on dispose, à l'usine, d'une puissance suffisante pour permettre la pleine excitation des bobines d'inductance, les méthodes à suivre sont les mêmes que pour les transformateurs. De telles mesures nécessitent un accord entre le constructeur et l'acheteur. Dans les autres cas, les mesures peuvent être effectuées sur place au lieu où les conditions sont appropriées.

Les méthodes définies sont applicables aux transformateurs et aux bobines d'inductance de tous les types concernés par les Publications 76* et 289** de la CEI respectivement, sans autres limites de puissance ou de tension lorsqu'ils sont munis de leurs auxiliaires normaux, pour autant que ceux-ci influent sur le résultat de la mesure.

Bien que le texte suivant ne se réfère qu'aux transformateurs, il s'applique également aux bobines d'inductance pourvu qu'il soit reconnu que le courant absorbé par une bobine d'inductance dépend de la tension appliquée et que, par conséquent, une bobine d'inductance ne peut pas être essayée à vide.

Cette norme indique une base de calcul du niveau de puissance acoustique qui permet la comparaison de transformateurs de types différents et, moyennant certaines hypothèses, l'évaluation du niveau de bruit probable à une distance donnée.

Les méthodes de mesure ainsi que la procédure de qualification de la zone d'essai qui figurent à l'annexe A sont conformes à la Norme ISO «Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode de contrôle», qui est en cours de préparation.

Note. — Pour se renseigner sur l'imprécision des mesures, on peut se reporter à la Norme ISO citée ci-dessus.

2. Appareils de mesure

Les mesures doivent être faites en utilisant un sonomètre conforme à la Publication 179*** de la CEI. Le mode d'emploi indiqué par le constructeur du sonomètre doit toujours être suivi, afin d'obtenir le plus grand degré de précision. En particulier, il convient de respecter les instructions sur la distance minimale à maintenir entre l'observateur et le microphone pour éviter les erreurs dues aux réflexions.

Un contrôle acoustique de l'équipement de mesure doit être effectué avec une source sonore étalon immédiatement avant et après la série des mesures.

3. Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de cette norme.

* Transformateurs de puissance.

** Bobines d'inductance.

*** Sonomètres de précision.

MEASUREMENT OF TRANSFORMER AND REACTOR SOUND LEVELS

1. Scope

This standard defines the methods by which the sound levels of transformers, reactors and their associated cooling plant shall be measured in the manufacturer's works so that compliance with any specification requirements may be confirmed and the characteristics of the noise emitted in service determined.

This standard is intended to apply to measurements made in the manufacturer's works as, when measurements are made on site, conditions may be very different due to proximity of other objects, extraneous noises, etc. Nevertheless, the same general rules as given herein may be followed when site measurements are made.

In those cases where sufficient power is available in the factory to permit full energization of reactors, the methods to be followed are the same as for transformers. Such measurements shall be by agreement between the manufacturer and the purchaser. Alternatively, measurements may be made on site where conditions are suitable.

The methods defined are applicable to transformers and reactors of all types covered by IEC Publications 76* and 289** respectively, without further limitation as regards size or voltage and when fitted with their normal auxiliary equipment, inasmuch as it may influence the measurement result.

Although the following text refers only to transformers, it is equally applicable to reactors provided that it is recognized that current taken by a reactor is dependent on the voltage applied and, consequently, that a reactor cannot be tested at no-load.

This standard gives a basis of calculation of sound power level which permits comparison of transformers of different types and, with certain hypothetical assumptions, the evaluation of the probable sound level at a distance.

The methods of measurement, and the environmental qualification procedure given in Appendix A, are in accordance with an ISO Standard "Determination of Sound Power Levels of Noise Sources—Survey Method", which is in course of preparation.

Note. — Reference may be made to the ISO Standard referred to above for information on measurement uncertainty.

2. Instruments

Measurements shall be made using a sound level meter complying with IEC Publication 179***. The operating instructions given by the manufacturer of the sound level equipment should always be followed in order that the greatest degree of precision is achieved. In particular, instructions concerning the minimum proximity of the observer to the microphone, necessary to avoid errors arising from reflections, shall be met.

An acoustic check of the measuring equipment using a calibrated noise source is to be made immediately before and after the measurement sequence.

3. Definitions

For the purpose of this standard, the following definitions apply.

* Power Transformers.

** Reactors.

*** Precision Sound Level Meters.

3.1 Niveau de pression acoustique

Lecture donnée par un sonomètre conforme à la Publication 179 de la CEI.

3.2 Niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique est égal à $10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ dB où P est la puissance acoustique, en watts, et P_0 est le niveau de puissance de référence, soit 10^{-12} W.

3.3 Surface principale de rayonnement

Surface imaginaire entourant les transformateurs ou le dispositif de refroidissement, à partir de laquelle on suppose que le bruit est rayonné. (La méthode de détermination de la surface principale de rayonnement d'un appareil particulier est indiquée au paragraphe 5.2.)

3.4 Contour prescrit

Ligne horizontale, éloignée d'une distance spécifiée de la surface principale de rayonnement, le long de laquelle sont répartis les points de mesure. (La méthode de détermination du contour prescrit d'un appareil particulier est indiquée au paragraphe 5.2.)

3.5 Surface équivalente

Surface imaginaire sur laquelle on suppose que les mesures ont été effectuées et qui est utilisée pour calculer la puissance acoustique rayonnée par le matériel.

3.6 Bruit de fond

Bruit relevé aux points de mesure, à l'exclusion de celui que produit l'appareil en essai lui-même et dont le niveau est mesuré. Il inclut le bruit provenant de tout autre appareillage nécessaire à l'exécution de la mesure.

4. Conditions de mesure

4.1 Critères de qualité pour la zone d'essai

La zone d'essai idéale ne devrait comprendre aucun autre objet réfléchissant qu'un sol réfléchissant, de telle sorte que l'appareil en essai rayonne dans un champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant.

Les zones d'essai qui conviennent aux mesures selon cette norme sont celles qui satisfont aux procédures de qualification de l'annexe A.

4.2 Conditions de fonctionnement de l'appareil pendant la mesure

Pour les mesures effectuées sur le transformateur avec ou sans ses organes de refroidissement, le transformateur doit être excité à vide à la tension nominale et à la fréquence nominale en utilisant une source de tension sinusoïdale ou pratiquement sinusoïdale, le changeur de prises (s'il y a lieu) étant sur la prise principale. La tension doit être mesurée conformément à la Publication 76-1 de la CEI, paragraphe 8.5.

Si le transformateur est muni d'un changeur de prises en charge à bobine d'inductance de passage dont la bobine d'inductance peut, pour certaines positions de réglage, être excitée en permanence, les mesures doivent être faites en utilisant une prise qui implique cette condition et qui soit le plus près possible de la prise principale. La tension d'excitation doit être appropriée à la prise utilisée.

Note. — Lorsqu'il est question, dans ce paragraphe, de changement de prise, on suppose que le mode de réglage est tel que le flux soit maintenu constant dans le circuit magnétique. Pour les autres modes de réglage, la prise choisie et la tension d'excitation doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

3.1 *Sound level*

The reading given by a sound level meter complying with IEC Publication 179.

3.2 *Sound power level*

The sound power level is equal to $10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$ dB where P is the sound power, in watts, and P_0 is the reference sound power of 10^{-12} W.

3.3 *Principal radiating surface*

A hypothetical surface surrounding the transformer or cooling equipment which is assumed to be the surface from which sound is radiated. (The method for determining the principal radiating surface for particular equipment is given in Sub-clause 5.2.)

3.4 *Prescribed contour*

A horizontal line, spaced at a definite distance from the principal radiating surface, along which the measurement points are located. (The method for determining the prescribed contour for particular equipment is given in Sub-clause 5.2.)

3.5 *Effective surface*

A hypothetical surface on which measurements are assumed to have been made and which is used to calculate the sound power radiated by the equipment.

3.6 *Background noise*

The noise picked up at the measuring points with the exclusion of that produced by the equipment the sound level of which is being measured. It includes the noise from all other apparatus necessary for the measurement process.

4. **Conditions for measurement**

4.1 *Criteria for adequacy of the test environment*

Ideally, the test environment should be free from reflecting objects other than a reflecting floor so that the equipment under test radiates into a free field over a reflecting plane.

Test environments that are suitable for measurements according to this standard are those which meet the qualification procedures of Appendix A.

4.2 *Operating conditions of equipment during measurement*

For measurements made on the transformer with or without its auxiliary cooling plant, the transformer shall be on no-load and excited at rated voltage of sinusoidal or practically sinusoidal waveform and rated frequency with the tap-changer (if any) on the principal tapping. The voltage shall be measured according to IEC Publication 76-1, Sub-clause 8.5.

If the transformer is fitted with reactor-type on-load tap-change equipment and the reactor may, on certain tap-change positions, be permanently energized, the measurements shall be made with the transformer on a tapping which involves this condition and as near as possible to the principal tapping. The excitation shall be appropriate to the tapping in use.

Note. — It is assumed that where tap-changing is referred to in this sub-clause, the method of voltage variation will be such as to maintain constant flux in the core. For other methods of voltage variation, the tapping chosen and the excitation voltage shall be the subject of agreement between the manufacturer and the purchaser.

4.3 Grandeurs à mesurer

Les niveaux du bruit de l'appareil et du bruit de fond doivent être déterminés comme des niveaux de pression acoustique sur la position de la pondération A, exprimés en dB(A). Afin d'éviter les erreurs dues aux influences perturbatrices, on utilisera la réponse rapide du sonomètre.

5. Méthodes de mesure

5.1 Mesure du bruit de fond

Les niveaux du bruit de fond doivent être mesurés immédiatement avant et après les mesures effectuées sur l'appareil.

Si le niveau du bruit de fond est très nettement inférieur au niveau résultant à la fois du bruit de l'appareil et du bruit de fond (différence supérieure ou égale à 9 dB(A)), il est possible de n'effectuer les mesures de bruit de fond qu'en une seule position de mesure, et aucune correction du niveau de bruit mesuré de l'appareil n'est nécessaire.

Si le niveau du bruit de fond est tel que la différence, en dB(A), entre le niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond et le bruit de fond moyen seul est inférieure à 9 dB(A) mais au moins égale à 3 dB(A), il convient d'appliquer les corrections indiquées au tableau I. Dans ce cas, le niveau du bruit de fond doit être déterminé en chaque position de mesure si le nombre total de positions de mesure est inférieur ou égal à 10, ou en au moins 10 positions réparties de façon raisonnablement uniforme autour de l'appareil si le nombre total de positions de mesure est supérieur à 10.

Si la différence est inférieure à 3 dB(A), l'essai ne sera pas accepté à moins que le niveau résultant du bruit de fond et du bruit du transformateur ou de la bobine d'inductance soit inférieur à la valeur garantie. Dans un tel cas, on acceptera pour cette différence des valeurs inférieures, mais le rapport d'essai rappellera cette condition et mentionnera que la valeur déterminée est la limite supérieure du niveau de puissance acoustique du matériel.

La ou les hauteurs du ou des microphones pendant les mesures du bruit de fond doivent être les mêmes que pour la mesure du bruit de l'appareil, et les mesures du bruit de fond doivent être faites en des points du ou des contours prescrits.

TABLEAU I

Facteurs de correction pour les mesures du niveau de bruit

Différence, en dB(A), entre le niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond et le bruit de fond moyen seul	dB(A) à soustraire du niveau moyen total résultant du bruit de l'appareil et du bruit de fond (Facteur Y)
3	3
4–5	2
6–8	1

Bien que l'on admette que la différence entre le niveau du bruit de fond et celui résultant à la fois de l'appareil et du bruit de fond soit faible, on s'efforcera d'obtenir une différence au moins égale à 7 dB(A) et, si possible, à 9 dB(A), mais s'il faut appliquer une correction de 3 dB(A), on indiquera entre guillemets (sur le rapport) le niveau corrigé.

Les niveaux moyens (appareil plus bruit de fond ou bruit de fond seul) sont calculés en faisant la moyenne arithmétique de toutes les lectures obtenues sur l'appareil à moins que la différence entre les valeurs extrêmes mesurées soit supérieure ou égale à 5 dB(A), auquel cas il convient d'utiliser la moyenne quadratique (voir le paragraphe 6.1 et l'annexe B).