

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
551**

1987

**AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1**

1995-08

Amendement 1

**Détermination des niveaux de bruit
des transformateurs et des bobines
d'inductance**

Amendment 1

**Determination of transformer and
reactor sound levels**

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

**CODE PRIX
PRICE CODE**

L

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
14/226/DIS	14/230/RVD

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

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter les titres des nouvelles annexes B et C, comme suit:

B – Niveau de puissance acoustique déduit des mesures d'intensité acoustique

C – Détermination du niveau de puissance acoustique dû aux courants de charge

Page 4

PRÉFACE

Ajouter à la liste des publications de la CEI le titre de la nouvelle publication suivante:

CEI 1043: 1993, *Electroacoustique – Instruments pour la mesure de l'intensité acoustique – Mesure au moyen d'une paire de microphones de pression*

Ajouter à la liste des normes ISO le titre de la nouvelle norme suivante:

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

Ajouter, après les références, le texte suivant:

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

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

DIS	Rapport de vote
14/226/DIS	14/230/RVD

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

Page 3

CONTENTS

Add the titles of annexes B and C as follows:

B – Derivation of sound power level from sound intensity measurements

C – Determination of sound power level due to load currents

Page 5

PREFACE

Add, after IEC 726, the title of the following new publication:

IEC 1043: 1993, *Electroacoustics – Instruments for the measurement of sound intensity – Measurements with pairs of pressure sensing microphones*

Add, after ISO Standard 3746 (1979), the title of the following new publication:

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

Add, after the references, the following text:

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Page 6

1 Domaine d'application

Insérer le nouveau texte suivant entre le deuxième et le troisième alinéa:

Les mesures normales utilisent le niveau pondéré A de pression acoustique comme variable mesurée. En cas de conditions de mesure difficiles, les mesures d'intensité acoustique sont avantageuses. Cette application est décrite à l'annexe B.

Selon la présente norme, les mesures sur les transformateurs sont faites à vide. Si un transformateur produit très peu de bruit à vide, le bruit dû au courant de charge peut aussi influencer le niveau de bruit. L'annexe C spécifie les conditions de mesure pour la détermination du bruit dû au courant de charge.

Page 8

2.3 Niveau de puissance acoustique, L_W

Ajouter la nouvelle note suivante:

NOTE 2 – Si le niveau pondéré A de puissance acoustique est déterminé par des mesures d'intensité acoustique, il est désigné par L_{WA1} . Voir l'annexe B.

Page 20

6.3 Calcul du niveau de puissance acoustique

Ajouter, immédiatement après la définition des variables de l'équation (7), la nouvelle note suivante:

NOTE – Le niveau pondéré A de puissance acoustique de l'appareil peut aussi être calculé à partir de la mesure de l'intensité acoustique. Voir l'annexe B.

Page 41

Ajouter, après l'annexe A, les nouvelles annexes B et C suivantes:

Annexe B (normative)

Niveau de puissance acoustique déduit des mesures d'intensité acoustique

B.1 Généralités

Le niveau de puissance acoustique peut être calculé à partir de la mesure de l'intensité acoustique; la présente annexe spécifie une méthode pour la mesure de la composante de l'intensité acoustique normale à une surface de mesure entourant un transformateur ou une bobine d'inductance et l'équipement de réfrigération qui leur est associé.

La méthode de mesure de l'intensité acoustique présente les avantages suivants par comparaison avec la méthode de mesure de la pression acoustique:

- la détermination de la puissance acoustique est possible, que la surface de mesure soit située ou non dans le champ proche;

Page 7

1 Scope

Insert the following new text between the second and third paragraphs:

Standard measurements use the A-weighted sound pressure level as a measured variable. In case of difficult measuring conditions, sound intensity measurements are advantageous. This application is described in annex B.

According to this standard, measurements on transformers are made under no-load. If a transformer has a very low no-load noise, the noise due to load current can also influence the sound level. Annex C specifies the measurement conditions for the determination of the noise due to load current.

Page 9

2.3 Sound power level, L_W

Add the following new note:

NOTE 2 – If the A-weighted sound power level is determined by sound intensity measurements, it is designated L_{WAi} . See annex B.

Page 21

6.3 Calculation of sound power level

Add immediately after the definitions of the variables of equation (7), the following new note:

NOTE – The A-weighted sound power level of the equipment can also be calculated from the measurement of sound intensity. See annex B.

Page 41

Add, after annex A, the new annexes B and C:

Annex B (normative)

Derivation of sound power level from sound intensity measurements

B.1 General

The sound power level can be calculated from the measurement of the sound intensity; this annex specifies a method for measuring the component of sound intensity normal to a measurement surface around transformers or reactors, and their associated cooling equipment.

The sound intensity measurement method has the following advantages as compared with the sound pressure measurement method:

- the determination of the correct sound power is possible regardless of whether the measurement surface lies within or outside the near field;

- la détermination de la puissance acoustique est possible en présence de champs sonores où la méthode de mesure de la pression acoustique donnerait des résultats tellement erronés qu'elle ne serait plus autorisée par cette norme.

NOTE – Lorsque la surface de mesure se trouve dans le champ proche, la mesure de l'intensité acoustique conduit à des valeurs de la puissance inférieures de 2 dB à 4 dB à celles fournies par la méthode de mesure en pression.

B.2 Définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les définitions de l'article 2, ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

Toutes les définitions sont conformes à l'ISO 9614-1.

B.2.1 Intensité acoustique normale, I_n

La composante de l'intensité acoustique dans la direction normale à une surface de mesure est définie par un vecteur normal unitaire $\vec{n}$.

$$I_n = \vec{I} \cdot \vec{n} \quad (\text{B.1})$$

où

$\vec{I}$ est le vecteur d'intensité active;

I est le module avec signe de $\vec{I}$;

$\vec{n}$ est le vecteur normal unitaire dirigé vers l'extérieur du volume limité par la surface de mesure.

B.2.2 Niveau d'intensité acoustique normale, L_{In}

Valeur exprimée en décibels, égale à dix fois le logarithme de base 10 du rapport entre la valeur absolue de l'intensité acoustique normale $|I_n|$ et l'intensité acoustique de référence, I_0 .

$$L_{In} = 10 \log_{10} \left[\frac{|I_n|}{I_0} \right] \quad (\text{B.2})$$

où

I_0 est l'intensité sonore de référence, 10^{-12} W/m².

NOTE – Lorsque I_n est négative, le niveau est exprimé par –XX dB.

B.2.3 Puissance acoustique partielle, P_i

Moyenne temporelle du flux d'énergie au travers d'un élément (segment) d'une surface de mesure, calculée par la formule:

$$P_i = I_{ni} \times S_i \quad (\text{B.3})$$

où

I_{ni} est le module avec signe de la composante normale de l'intensité acoustique mesurée à la position i sur la surface de mesure;

S_i est l'aire de l'élément de surface associé au point i .

– the determination of the correct sound power is possible in the presence of noise fields where the sound pressure method gives such erroneous results that they are no longer authorized by this standard.

NOTE – When the measurement surface lies in the near field, sound intensity measurement will lead to values of power 2 dB to 4 dB less in comparison with the sound pressure method.

B.2 Definitions

For the purpose of this annex, the definitions in clause 2, and the following definitions apply.

All definitions are in accordance with ISO 9614-1.

B.2.1 Normal sound intensity, I_n

The sound intensity component in the direction normal to a measurement surface is defined by unit normal vector $\vec{n}$.

$$I_n = \vec{I} \times \vec{n} \quad (\text{B.1})$$

where

$\vec{I}$ is the active intensity vector;

I is the signed magnitude of $\vec{I}$;

$\vec{n}$ is the unit normal vector directed out of the volume enclosed by the measurement surface.

B.2.2 Normal sound intensity level, L_{In}

The value in decibels equal to ten times the logarithm to base 10 of the ratio of the absolute value of the normal sound intensity $|I_n|$ to the reference sound intensity, I_o .

$$L_{In} = 10 \log_{10} \left[\frac{|I_n|}{I_o} \right] \quad (\text{B.2})$$

where

I_o is the reference sound intensity, 10^{-12} W/m².

NOTE – When I_n is negative, the level is expressed as –XX dB.

B.2.3 Partial sound power, P_i

The time-averaged rate of flow of sound energy through an element (segment) of a measurement surface, calculated by the formula:

$$P_i = I_{ni} \times S_i \quad (\text{B.3})$$

where

I_{ni} is the signed magnitude of the normal sound intensity component measured at position i on the measurement surface;

S_i is the area of the segment of surface associated with point i .

B.2.4 Puissance acoustique, P_i

La puissance acoustique P_i engendrée par une source est calculée par la formule:

$$P_i = \sum_{i=1}^N P_i \quad (\text{B.4})$$

et

$$|P_i| = \left| \sum_{i=1}^N P_i \right| \quad (\text{B.5})$$

où

N est le nombre total d'éléments de la surface de mesure.

B.2.5 Niveau de puissance acoustique, L_{Wi}

Valeur exprimée en décibels, égale à dix fois le logarithme de base 10 du rapport entre la valeur absolue de la puissance acoustique $|P_i|$ et la puissance acoustique de référence P_0 .

$$L_{Wi} = 10 \log_{10} \left[\frac{|P_i|}{P_0} \right] \quad (\text{B.6})$$

où

$|P_i|$ est le module de la puissance acoustique de la source;

P_0 est la puissance acoustique de référence, 10^{-12} W.

Des valeurs pondérées A de L_{Wi} sont utilisées pour calculer le niveau pondéré A de puissance acoustique L_{WAi} .

NOTE – Lorsque P_i est négatif, L_{Wi} est exprimé par –XX dB.

B.3 Instruments

B.3.1 Généralités

L'équipement de mesure de l'intensité acoustique doit être conforme aux spécifications de la CEI 1043. Le domaine de fréquence de l'équipement de mesure doit être adapté au spectre de fréquence pour les conditions de fonctionnement du transformateur (avec ou sans auxiliaires de circulation forcée d'air).

B.3.2 Etalonnage et essai sur site

L'étalonnage de l'instrument et de la sonde doivent être vérifiées au moins une fois par an selon la CEI 1043.

L'appareil doit être vérifié sur site avant toute série de mesures, en utilisant soit la procédure d'étalonnage sur site spécifiée par le constructeur, ou la procédure suivante qui doit alors être appliquée.

Chaque microphone doit être étalonné. Ensuite la sonde doit être tournée de 180° autour d'une normale à son axe de mesure, tout en maintenant son centre acoustique en un point donné, qui doit être l'un des emplacements de mesure choisis. La moyenne de la différence en valeur absolue des modules des deux niveaux doit être inférieure à 1,5 dB.

B.2.4 Sound power, P_1

The sound power P_1 generated by a source is calculated by the formula:

$$P_1 = \sum_{i=1}^N P_i \quad (\text{B.4})$$

and

$$|P_1| = \left| \sum_{i=1}^N P_i \right| \quad (\text{B.5})$$

where

N is the total number of segments of the measurement surface.

B.2.5 Sound power level, L_{W1}

The value in decibels equal to ten times the logarithm to base 10 of the ratio of the absolute value of the sound power $|P_1|$ to the reference sound power, P_0 .

$$L_{W1} = 10 \log_{10} \left[\frac{|P_1|}{P_0} \right] \quad (\text{B.6})$$

where

$|P_1|$ is the magnitude of the sound power of the source,

P_0 is the reference sound power, 10^{-12} W.

A-weighted values of L_{W1} are used for calculating the A-weighted sound power level L_{WA1} .

NOTE - When P_1 is negative, L_{W1} is expressed as -XX dB.

B.3 Instruments**B.3.1 General**

Sound intensity measurement equipment shall meet the requirements of IEC 1043. The frequency range of the measurement equipment shall be adapted to the frequency spectrum of the transformer operating condition (with/without forced air cooling auxiliaries).

B.3.2 Calibration and field check

The instrument and probe calibration shall be checked at least once a year according to IEC 1043.

Instruments shall be checked in the field prior to each series of measurements using either the field calibration procedure specified by the manufacturer or the following procedure.

Each microphone shall be calibrated. Afterwards, the probe shall be rotated 180° about a normal to its measurement axis, while maintaining its acoustic centre at a fixed point, which shall be one of the selected measurement positions. The average absolute difference between the magnitude of the two levels shall be less than 1,5 dB.

B.4 Conditions de mesure

B.4.1 Critères pour l'adéquation de l'environnement d'essai

Les conditions de mesure doivent satisfaire aux exigences spécifiées en B.5.1.

B.4.2 Conditions de fonctionnement de l'équipement durant les mesures

Les conditions sont celles décrites en 4.2.

B.5 Mesure de l'intensité acoustique

L'intensité acoustique peut être mesurée en utilisant l'une des deux méthodes suivantes:

méthode I: niveau d'intensité acoustique pondéré A;

méthode II: mesure de l'intensité en bande étroite.

B.5.1 Environnement d'essai et bruit de fond

L'environnement et le bruit de fond ont une influence sur les résultats des mesures.

Un critère de l'influence de l'environnement d'essai et du bruit de fond est la différence ΔL définie comme suit:

$$\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \quad (B.7)$$

où

$\bar{L}_{pA}$ est le niveau pondéré A de pression acoustique surfacique, défini par:

$$\bar{L}_{pA} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{pAi}} \right] \quad (B.8)$$

et où

$\bar{L}_{IA}$ est le niveau pondéré A d'intensité acoustique surfacique, défini par:

$$\bar{L}_{IA} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{IAi}} \right] \quad (B.9)$$

où

L_{pAi} est le niveau local pondéré A de pression acoustique à la position de mesure i , exprimé en décibels (référence: 20 μ Pa);

L_{IAi} est le niveau local pondéré A d'intensité acoustique à la position de mesure i , exprimé en décibels (référence: 10^{-12} Wm⁻²);

N est le nombre total de positions de mesure.

NOTE – Les signes négatifs seront considéré en conformité avec l'ISO 9614-1.

Des limites acceptables pour les valeurs de ΔL sont indiquées en B.5.2.1.

B.5.2 Mesure des niveaux d'intensité acoustique du transformateur

Les niveaux d'intensité acoustique du transformateur ou de la bobine d'inductance doivent être mesurés en conformité avec 5.2.

B.4 Conditions for measurement

B.4.1 Criteria for adequacy of the test environment

The measurement conditions shall meet the requirements specified in B.5.1.

B.4.2 Operating conditions of equipment during measurement

Conditions as described in 4.2.

B.5 Measurement of sound intensity

Sound intensity can be measured using either one of the following two methods:

- method I: A-weighted sound intensity level;
- method II: narrow-band intensity measurement.

B.5.1 Test environment and background noise

The environment and background noise influence the results of measurements.

A criterion for the influence of the test environment and the background noise is ΔL defined as:

$$\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \quad (\text{B.7})$$

where

$\bar{L}_{pA}$ is the A-weighted surface sound pressure level, defined as:

$$\bar{L}_{pA} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{pAi}} \right] \quad (\text{B.8})$$

and where

$\bar{L}_{IA}$ is the A-weighted surface sound intensity level, defined as:

$$\bar{L}_{IA} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 L_{IAi}} \right] \quad (\text{B.9})$$

where

L_{pAi} is the A-weighted local sound pressure level at measurement position i in decibels (reference: 20 μPa);

L_{IAi} is the A-weighted local normal sound intensity level at measurement position i in decibels (reference 10^{-12} Wm^{-2});

N is the total number of measurement positions.

NOTE – Negative signs must be taken into account in conformity with ISO 9614-1.

Acceptable limits for values of ΔL are identified in B.5.2.1.

B.5.2 Transformer sound intensity level measurements

Transformer or reactor sound intensity levels shall be measured in conformity with 5.2.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour la mesure de l'intensité acoustique.

méthode I: niveau pondéré A d'intensité acoustique;

méthode II: mesure de l'intensité en bande étroite.

Le choix de la méthode doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

La méthode de mesure par analyse spectrale en bande étroite ne doit être autorisée que lorsque les ventilateurs et/ou les pompes à huile de l'équipement de réfrigération du transformateur ne sont pas en fonctionnement.

Pour les mesures d'intensité en bande étroite, la largeur de bande de l'équipement de mesure doit être inférieure ou égale à 5 Hz.

Quand on utilise la méthode II, le niveau pondéré A d'intensité acoustique $\bar{L}_{IA}$ du transformateur peut être calculé par sommation des niveaux $\bar{L}_{IAv}$ mesurés à des fréquences égales à deux fois la fréquence assignée et les multiples qui suivent:

$$\bar{L}_{IA} = 10 \log_{10} \left[\sum_{v=1}^{v_{\max}} 10^{0,1 \bar{L}_{IAv}} \right] \text{ dB(A)} \quad (\text{B.10})$$

où

$\bar{L}_{IA}$ est le niveau pondéré (A) d'intensité acoustique normale;

$\bar{L}_{IAv}$ est le niveau pondéré (A) d'intensité acoustique normale, à la fréquence égale à $(v \times 2f)$ du spectre moyenné;

f est la fréquence assignée;

v est le rang (1, 2, 3, etc.) des harmoniques pairs multiples de la fréquence assignée;

$v_{\max} = 10$.

NOTE - Si la méthode de mesure de l'intensité en bande étroite est choisie l'harmonique réelle produite peut tomber en dehors de la bande passante de l'instrument de mesure quand la fréquence de la source de puissance est encore au voisinage de sa variation permise. Si la fréquence mesurée de la source d'alimentation génère une fréquence harmonique en dehors de la bande passante permise de l'instrument ($\Delta f \leq 5$ Hz), l'acceptation de la mesure doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

B.5.2.1 Applicabilité de la mesure par intensité

Dans le but de maintenir des écarts-types égaux ou inférieurs à 3 dB(A), conformément à l'article 1, les valeurs maximales permises pour ΔL sont:

méthode I: $\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \leq 8 \text{ dB(A)}$;

méthode II: $\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \leq 15 \text{ dB(A)}$.

Ces valeurs sont valables seulement si les conditions suivantes sont respectées:

- le bruit de fond doit être distribué de manière aléatoire (bruit sur lieu d'essai, bruit d'usine);
- les objets réfléchissants doivent être éloignés le plus possible du transformateur.

Une disposition pratique pourra être d'interposer, lorsque c'est possible, des panneaux absorbants entre la surface de mesure et les murs proches:

- les mesures sont permises en présence de deux murs réfléchissants. Ces murs doivent être au moins situés à 1,2 m du contour prescrit;

Two methods can be used for the measurement of sound intensity.

method I: A-weighted sound intensity level;

method II: narrow-band intensity measurement.

The choice of the method shall be agreed between the user and manufacturer.

The narrow-band spectrum analysis measurement method shall be permitted only when the fans and/or oil pumps of the transformer cooling equipment are not activated.

For narrow-band intensity measurements, the bandwidth of the measurement equipment shall be less than or equal to 5 Hz.

When using method II, the A-weighted sound intensity level $\bar{L}_{IA}$ of the transformer can be calculated by summation of the levels $\bar{L}_{IAv}$ measured at frequencies equal to twice the rated frequency and multiples thereof:

$$\bar{L}_{IA} = 10 \log_{10} \left[\sum_{v=1}^{v_{\max}} 10^{0,1 \bar{L}_{IAv}} \right] \text{ dB(A)} \quad (\text{B.10})$$

where

$\bar{L}_{IA}$ is the A-weighted normal surface sound intensity level;

$\bar{L}_{IAv}$ is the A-weighted normal surface sound intensity level at a frequency equal to $(v \times 2f)$ of the averaged spectrum;

f is the rated frequency;

v is the sequence number (1, 2, 3, etc.) of multiples of the even harmonics of the rated frequency;

$v_{\max} = 10$.

NOTE – If the narrow-band intensity measuring method is selected, the actual harmonic generated may fall outside the bandwidth of the measuring instrument when the frequency of the power supply is still within its permitted variation. If the measured supply frequency generates a harmonic frequency outside the allowable bandwidth of the instrument ($\Delta f \leq 5$ Hz), the acceptance of the measurement requires agreement between manufacturer and purchaser.

B.5.2.1 Applicability of intensity measurements

In order to maintain standard deviations which are equal to or less than 3 dB(A) in accordance with clause 1, the greatest practicable allowable values for ΔL are:

method I: $\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \leq 8 \text{ dB(A)}$;

method II: $\Delta L = \bar{L}_{pA} - \bar{L}_{IA} \leq 15 \text{ dB(A)}$.

These values are only valid if the following conditions are fulfilled:

- the background noise shall be randomly distributed (test field noise, factory noise);
- reflecting objects shall be removed to the maximum distance from the transformer.

A practical procedure will be to interpose, whenever possible, absorbing panels between the measurement surface and the nearby walls:

- measurements are allowed in the presence of two reflecting walls. The distance of each wall shall be at least 1,2 m from the prescribed contour;

- les mesures sont permises en présence de trois murs réfléchissants. Ces murs doivent être au moins situés à 1,8 m du contour prescrit;
- les mesures dans les cellules de transformateur ne sont pas autorisées.

B.5.2.2 Moyennage temporel synchrone

Le moyennage temporel synchrone peut être appliqué pour toutes les conditions de ΔL . Cependant, si la valeur constatée de ΔL se trouve être supérieure aux valeurs limites données en B.5.2.1, alors la technique du moyennage temporel synchrone doit être employée. Grâce à l'utilisation d'un signal de déclenchement en synchronisme avec le bruit (par exemple la tension du réseau), tous les bruits non synchrones seront atténués pendant le moyennage temporel. Cette technique est applicable, du fait que le bruit d'un transformateur est caractérisé par des sons purs à une fréquence double de la fréquence du réseau et aux harmoniques pairs de cette fréquence.

L'atténuation du bruit ambiant N dépend du nombre de moyennes qui sont incluses dans la mesure. L'amélioration du rapport signal sur bruit (S/N) en décibels est égal à:

$$S/N \approx 10 \log_{10} n \quad (\text{B.11})$$

où

n est égal au nombre de moyennes.

La valeur permise pour ΔL peut alors être augmentée de ce rapport (S/N).

Pour éviter les modifications du champ sonore provoquées par des changements de température du transformateur, il convient que le temps consacré à l'exécution des mesures soit le plus réduit possible.

B.6 Calcul du niveau de puissance acoustique à partir du niveau d'intensité acoustique surfacique

Le niveau pondéré A de puissance acoustique L_{WAI} doit être calculé à partir des valeurs mesurées des niveaux pondérés A d'intensité acoustique surfacique suivant B.5.1 ou B.5.2, et l'aire de la surface doit être calculée selon 6.2.

L'équation suivante est applicable:

$$L_{WAI} = \bar{L}_{IA} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{B.12})$$

où

L_{WAI} est le niveau pondéré A de puissance acoustique, exprimé en décibels (référence 10^{-12} W);

S est l'aire de la surface de mesure, en mètres carrés (référence $S_0 = 1 \text{ m}^2$).

B.7 Présentation

Comme décrit à l'article 7¹⁾.

¹⁾ Il ne sera pas nécessaire d'enregistrer et de calculer les niveaux d'intensité acoustique pour chaque point de mesure si l'équipement de mesure réalise de façon interne le calcul de l'intensité acoustique surfacique.

- measurements are allowed in the presence of three reflecting walls. The distance of each wall shall be at least 1,8 m from the prescribed contour;
- measurements in transformer cells are not allowed.

B.5.2.2 Time synchronous averaging

Time synchronous averaging can be applicable for all conditions of ΔL . However, if the value of ΔL is found to be higher than the limiting values given in B.5.2.1, then the time synchronous averaging technique shall be used. By using a noise-synchronous trigger signal (for example: network voltage) all non-synchronous noise will be attenuated during time averaging. This technique is applicable because transformer noise is characterized by tones at double the network frequency and at the even harmonics of that frequency.

The attenuation of ambient noise N depends on the number of averages that are included in the measurement. The signal-to-noise ratio improvement (S/N) in decibels is equal to:

$$S/N \approx 10 \log_{10} n \quad (\text{B.11})$$

where

n is equal to the number of averages.

The allowable value of ΔL can then be increased by this ratio (S/N).

To avoid changes in the sound field caused by changes of transformer temperature, it is recommended that the time spent making measurements should be minimized.

B.6 Calculation of the sound power level from the surface sound intensity level

An A-weighted sound power level L_{WAI} shall be calculated from the measured values of the A-weighted surface sound intensity level from B.5.1 or B.5.2 and the surface area calculated by 6.2.

The following equation is applicable:

$$L_{WAI} = \bar{L}_{IA} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (\text{B.12})$$

where

L_{WAI} is the A-weighted sound power level, in decibels (reference: 10^{-12} W);

S is the area of measurement surface, in square metres (reference: $S_0 = 1 \text{ m}^2$).

B.7 Presentation

As described in clause 7¹⁾.

¹⁾ It will not be necessary to record and calculate the sound intensity levels for each measuring point if the measuring equipment internally calculates the surface sound intensity.

Annexe C (normative)

Détermination du niveau de puissance acoustique dû aux courants de charge

C.1 Généralités

Le bruit dû à la charge est défini comme étant le bruit émis par le transformateur en charge, en supplément qui s'ajoute au bruit à vide. Il est provoqué par les forces électromagnétiques résultant des flux de fuite magnétiques hors des enroulements, et est proportionnel au carré du courant. Les sources de ce bruit sont généralement les vibrations des parois de la cuve, des shunts magnétiques, et des enroulements eux-mêmes.

Il convient de noter que, selon l'expérience pratique, le bruit dû à la charge peut être du même ordre de grandeur que le bruit à vide.

La présente annexe spécifie les conditions opératoires du transformateur au banc d'essai pour la mesure du bruit dû à la charge, et la méthode qui doit être utilisée pour faire la somme du bruit dû à la charge et du bruit à vide.

C.2 Conditions de fonctionnement du transformateur pendant la mesure

Le transformateur doit être en charge, avec un courant dont la forme est sinusoïdale ou quasi sinusoïdale en conformité avec l'article 4.2. L'un des enroulements doit être court-circuité et une tension sinusoïdale, appliquée à l'autre enroulement, à la fréquence assignée, doit être progressivement augmentée jusqu'à ce que le courant nominal traverse le premier enroulement (voir 3.4.7 de la CEI 76-1). Le changeur de prises s'il en existe un, doit être placé sur la prise principale.

C.3 Détermination du niveau de puissance acoustique du transformateur

La mesure doit être réalisée conformément aux conditions décrites en 5.2.1.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour la mesure de la puissance acoustique du bruit à vide et du bruit dû à la charge:

méthode I: niveau pondéré A de puissance acoustique;

méthode II: niveau de puissance acoustique en bande étroite.

Le choix de la méthode doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

La méthode II ne doit être autorisée que lorsque les ventilateurs et/ou les pompes à huile de l'équipement de réfrigération du transformateur ne sont pas en fonctionnement.

Pour les mesures acoustiques en bande étroite, la largeur de bande de l'équipement de mesure doit être inférieure ou égale à 5 Hz.

Annex C (normative)

Determination of sound power level due to load currents

C.1 General

Load noise is defined as the noise emitted by the transformer on load in addition to its no-load noise. It is caused by electromagnetic forces resulting from the magnetic leakage fields of the windings and is proportional to the square of the current. Generally, the sources of this noise are the vibrations in the tank walls, magnetic shields and in the windings themselves.

It should be noted that, from practical experience, the load noise can be of the same order of magnitude as the no-load noise.

This annex specifies the operating conditions of the transformer set up in the testing bay for measurement of load noise, and the method to be used for summing the no-load and load noises.

C.2 Operating conditions of the transformer during measurement

The transformer shall be loaded with a current having a sinusoidal or near sinusoidal wave shape in accordance with 4.2. One winding shall be short-circuited and a sinusoidal voltage applied to the other winding at rated frequency shall be gradually increased until rated current flows in the first winding (see IEC 76-1, 3.4.7). The tap-changer, if any, shall be set to the principal tapping.

C.3 Measurement of transformer sound power level

The measurement shall be performed according to the conditions described in 5.2.1.

Two methods can be used for the measurement of the no-load and the load current sound power level:

method I: A-weighted sound power level;

method II: narrow-band sound power level.

The choice of method shall be agreed upon by the user and the manufacturer.

Method II shall be permitted only when the fans and/or oil pumps of the transformer cooling equipment are not activated.

For narrow-band sound measurements, the bandwidth of the measurement equipment shall be less than or equal to 5 Hz.