

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 367-1F

1981

Sixième complément à la Publication 367-1 (1971)

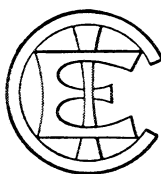
**Noyaux pour bobines d'inductance et transformateurs
destinés aux télécommunications**

Première partie: Méthodes de mesure

Sixth supplement to Publication 367-1 (1971)

Cores for inductors and transformers for telecommunications

Part 1: Measuring methods



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
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

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.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

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.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 367-1F

1981

Sixième complément à la Publication 367-1 (1971)

**Noyaux pour bobines d'inductance et transformateurs
destinés aux télécommunications**

Première partie: Méthodes de mesure

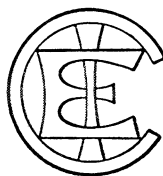
Sixth supplement to Publication 367-1 (1971)

Cores for inductors and transformers for telecommunications

Part 1: Measuring methods

Mots clés: noyaux pour télécommunications;
mesure de pertes de noyaux;
haute induction.

Key words: core materials for telecommunications;
measurement of core losses;
high flux density.



© CEI 1981

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 Varembe
Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Sixième complément à la Publication 367-1 (1971)
NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE
ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Première partie: Méthodes de mesure

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° 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Un nouveau paragraphe 11.2: Pertes à haute induction (pertes totales), a été ajouté à la Publication 367-1 de la CEI.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1978. A la suite de cette réunion, un projet, document 51(Bureau Central)226, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1979.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Belgique
Bulgarie
Danemark
Egypte
Espagne
France
Hongrie

Italie
Japon
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Sixth supplement to Publication 367-1 (1971)

CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS

FOR TELECOMMUNICATIONS

Part 1: Measuring methods

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. 51: Magnetic Components and Ferrite Materials.

It adds a new Sub-clause 11.2: Losses at high flux density (total core loss), to IEC Publication 367-1.

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1978. As a result of this meeting a draft, Document 51(Central Office)226, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Bulgaria
Denmark
Egypt
France
Germany
Hungary
Italy
Japan

Netherlands
New Zealand
South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom

Sixième complément à la Publication 367-1 (1971)
NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE
ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Première partie: Méthodes de mesure

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE COMMUNES

Page 8 de la Publication 367-1D

Remplacer le titre de l'article 11 par:

11. Pertes

L'article 11 existant devient le paragraphe 11.1, lequel a pour titre: «Pertes à faible induction». Renuméroter les autres paragraphes comme suit:

paragraphe 11.1 devient 11.1.1

paragraphe 11.4 devient 11.1.4

paragraphe 11.2 devient 11.1.2

paragraphe 11.5 devient 11.1.5

paragraphe 11.3 devient 11.1.3

paragraphe 11.6 devient 11.1.6

Page 14 de la Publication 367-1D

Après le paragraphe renuméroté 11.1.6 insérer le nouveau paragraphe suivant:

11.2 Pertes à haute induction (pertes totales)

11.2.1 Objet

Fournir des méthodes de mesure des pertes totales à induction élevée de noyaux magnétiques excités avec une onde périodique.

11.2.2 Principes de mesurage

En fonction de l'application, on peut utiliser une ou plusieurs des trois méthodes suivantes:

1) Méthode du voltmètre multiplicateur

Cette méthode est généralement applicable si le facteur de crête est à l'intérieur des limites imposées par l'instrument.

La tension aux bornes de la résistance non inductive en série avec la bobine de mesure du noyau et la tension aux bornes de la bobine sont appliquées respectivement aux deux voies du voltmètre multiplicateur. Cet instrument donne une moyenne des produits des valeurs instantanées des deux tensions et celle-ci est proportionnelle à la perte totale dans le noyau.

2) Méthode du pont

Cette méthode est limitée aux courants et tensions sinusoïdaux.

La résistance parallèle équivalente de la bobine de mesure du noyau est déterminée à l'aide d'un circuit en pont supportant la puissance exigée pour produire l'induction spécifiée dans le noyau.

Sixth supplement to Publication 367-1 (1971)
CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS
FOR TELECOMMUNICATIONS

Part 1: Measuring methods

SECTION TWO — COMMON MEASURING METHODS

Page 9 of Publication 367-1D

Replace the title of Clause 11 by:

11. Losses

*Renumber the existing Clause 11 as Sub-clause 11.1 with the title “Losses at low flux density”.
Renumber the other sub-clauses as follows:*

Sub-clause 11.1 becomes 11.1.1

Sub-clause 11.4 becomes 11.1.4

Sub-clause 11.2 becomes 11.1.2

Sub-clause 11.5 becomes 11.1.5

Sub-clause 11.3 becomes 11.1.3

Sub-clause 11.6 becomes 11.1.6

Page 15 of Publication 367-1D

After the sub-clause now numbered 11.1.6 add the following new sub-clause:

11.2 Losses at high flux density (total core loss)

11.2.1 Object

To provide measuring methods for total core loss of magnetic cores energized at high flux density with a periodic waveform.

11.2.2 Principles of measurement

One or more of the following three methods is suitable, according to the application:

1) Multiplying voltmeter method

This method is generally applicable provided the peak factor is within the limitations imposed by the instrument.

The voltage across a non-reactive resistor in series with a measuring coil on the core and the voltage across that coil are connected to the two channels respectively of a multiplying voltmeter. This instrument gives an average of the products of the instantaneous values of the two voltages and this is proportional to the total loss in the core.

2) Bridge method

This method is restricted to sinusoidal voltage or current.

The equivalent parallel resistance of a measuring coil on the core is determined by a bridge circuit suitable for handling the power required to generate the specified flux density in the core.

3) Méthode de l'oscilloscope

Cette méthode peut être utilisée soit pour des tensions et des courants alternatifs ou pulsés et pour des facteurs de crête élevés comme cela se produit pour des impulsions ayant un faible rapport de la durée d'impulsion au temps de répétition de l'impulsion. Cette méthode est plus appropriée pour les fortes puissances et les tensions élevées.

La tension aux bornes de la résistance non inductive en série avec la bobine de mesure du noyau et la tension aux bornes de cette bobine intégrée en fonction du temps alimentent respectivement les plaques de déviation horizontales et verticales de l'oscilloscope. La surface de la boucle enregistrée est déterminée et permet une mesure des pertes totales du noyau.

11.2.3 Echantillons

Des noyaux prélevés dans la production normale et formant des circuits magnétiques complets doivent être utilisés pour la mesure.

11.2.4 Bobine de mesure

1) Il convient de spécifier le nombre de spires en relation avec les conditions de mesure, l'équipement utilisé et la précision à obtenir. La résistance et la capacité répartie de la bobine de mesure seront aussi faibles qu'il est nécessaire pour que l'erreur soit négligeable. Le conducteur sera composé de brins isolés si cela est nécessaire pour les mesures aux fréquences élevées. Dans le cas d'un bobinage toroïdal, les spires doivent être également réparties le long de la circonférence.

2) Dans le cas des méthodes du voltmètre multiplicateur et de l'oscilloscope, si l'emploi d'une bobine de mesure à un seul enroulement est incompatible avec la précision à obtenir, on utilisera une bobine à deux enroulements séparés pour le courant et la tension.

La bobine de tension aura une résistance beaucoup plus petite que l'impédance de l'instrument et sera bobinée aussi près que possible du noyau. La capacité répartie sera aussi faible que possible pour que l'erreur soit négligeable. La bobine de courant doit recouvrir complètement la bobine de tension.

Note. — Lorsqu'on fait le bobinage sur un noyau qui possède des arêtes vives, on prendra soin de s'assurer que l'isolant du fil n'est pas endommagé et, dans le cas de fils divisés, que des brins ne sont pas cassés.

11.2.5 Équipement de mesure

N'importe quel équipement de mesures approprié peut être utilisé. Des exemples de circuits appropriés sont donnés à l'annexe L. Les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- 1) Le générateur utilisé doit pouvoir délivrer la tension et le courant spécifiés avec la forme d'onde correcte dans les tolérances spécifiées quand la bobine de mesure avec son noyau est branchée dans le circuit. Lorsqu'on spécifie une onde sinusoïdale, la teneur totale en harmoniques doit être inférieure à 1%.
- 2) Toutes les connexions entre les éléments du circuit doivent être aussi courtes que possibles. Les connexions des deux voies du voltmètre multiplicateur avec le circuit doivent être de longueur égale et de même type. Les câbles de connexion à l'oscilloscope doivent être du type à faible capacité (par exemple câbles isolés à l'air).
- 3) La résistance en série avec la bobine de mesure doit avoir une tolérance de $\pm 0,5\%$. Avec des courants non sinusoïdaux, cette résistance doit être non réactive, dans la mesure où le déphasage entre le courant la traversant et la tension à ses bornes ne dépasse pas 0,002 rad

3) *Oscilloscope method*

This method can be used for either alternating or pulsating voltages and currents and for high peak factors as may occur for pulses having a small ratio of pulse duration to pulse repetition time. It is more appropriate for high powers and high voltages.

The voltage across a non-reactive resistor in series with a measuring coil on the core, and the voltage across that coil integrated over the time are fed to the horizontal and vertical deflection plates respectively of an oscilloscope. The surface area of the displayed loop is determined and this is a measure of the total loss in the core.

11.2.3 *Specimens*

Cores taken from normal production and forming complete magnetic circuits shall be used for the measurement.

11.2.4 *Measuring coil*

- 1) The number of turns should be specified in relation to the measuring conditions, the equipment used and the accuracy to be obtained. The resistance and self-capacitance of the measuring coil should be as low as is needed to make the error negligible. The conductor should consist of insulated strands if this is necessary for measurements at high frequencies. In the case of a toroidal winding, the turns shall be evenly distributed around the circumference.
- 2) In the case of the multiplying voltmeter method and of the oscilloscope method, if the use of a single winding measuring coil would be incompatible with the accuracy to be obtained, a double wound coil, with separate current and voltage windings, should be used. The voltage winding should have a resistance very much smaller than the impedance of the instrument and should be wound as close to the core as possible. The self-capacitance should be as low as is necessary to make the error negligible. The current winding shall completely cover the voltage winding.

Note. — When winding a coil on to a sharp-edged core, care should be taken to ensure that the wire insulation is not ruptured and, in the case of stranded wire, strands are not broken.

11.2.5 *Measuring equipment*

Any suitable measuring equipment may be used. Examples of appropriate circuits are given in Appendix L. The following requirements shall be met:

- 1) The generator used shall be able to supply the specified voltage or current having the correct waveform within the specified tolerances when the measuring coil on the core is connected in the circuit. When sinusoidal waveform is specified, the total harmonic content shall be less than 1%.
- 2) All connections between the circuit components shall be as short as possible. The connections of the two channels of the multiplying voltmeter with the circuit shall be of equal length and of the same type. The connecting cables to the oscilloscope shall be of a low capacitance type (e.g. air insulated cables).
- 3) The resistor in series with the measuring coil shall have a resistance tolerance not exceeding $\pm 0.5\%$. With non-sinusoidal currents this resistor shall be non-reactive to the extent that the phase angle between the current flowing through it and the voltage across it shall not

dans la gamme de fréquences définie au point 4. Avec des courants sinusoïdaux, cette résistance doit être soit non réactive, comme spécifié ci-dessus, soit, dans le cas d'une composante réactive, être compensée à la fréquence de mesure par un condensateur variable. Celui-ci peut en même temps être utilisé pour compenser une éventuelle dérive de phase entre les voies du voltmètre multiplicateur.

Notes 1. — Des instructions pour réaliser une résistance non inductive sont données à l'article L4 de l'annexe L.

2. — La compensation d'une résistance réactive n'est généralement applicable que pour une seule fréquence.

- 4) La gamme de fréquences des voltmètres et de l'oscilloscope doit comprendre tous les harmoniques des tensions appliquées ayant des amplitudes de 1% (ou plus) des tensions fondamentales. La gamme de fréquences doit être spécifiée dans la spécification particulière.

L'erreur de phase entre les voies du voltmètre multiplicateur ne doit pas dépasser 0,003 rad dans toute la gamme de fréquences exigée. L'impédance d'entrée des deux voies doit être assez élevée pour que l'effet qui en résulte sur le circuit soit négligeable.

- 5) Le voltmètre à lecture moyenne et le voltmètre à lecture efficace doivent être de la classe 1 ou mieux.

L'imprécision inhérente à chaque voie du voltmètre multiplicateur ne doit pas dépasser 1% de sa pleine échelle de lecture; cela est, par exemple, applicable lorsque le voltmètre multiplicateur est utilisé à la place d'un voltmètre séparé pour déterminer la tension moyenne aux bornes de la bobine de mesure.

Lorsqu'il est utilisé dans le mode multiplicateur, le voltmètre doit être capable d'indiquer, avec une constante d'appareil connue, l'intégrale dans le temps du produit des valeurs instantanées des deux tensions mesurées sur chaque voie, avec une imprécision ne dépassant pas 2% de la pleine échelle de lecture.

Notes 1. — La limite sur le facteur de crête pour le voltmètre multiplicateur devra être respectée.

2. — Si le facteur de qualité Q du noyau assemblé est supérieur à 10, l'erreur sur le produit moyen indiqué est augmentée.

- 6) Des facilités d'étalonnage convenables doivent être prévues dans la méthode de l'oscilloscope pour obtenir une précision pour les tensions enregistrées meilleure que 3% de la déviation totale. On doit s'assurer que l'imprécision sur la mesure de la surface ne dépasse pas 5%.

- 7) Une température ambiante contrôlée doit être assurée, de manière à maintenir la température du noyau à la valeur spécifiée pendant la mesure.

11.2.6 Procédé de mesure

- 1) Le noyau à mesurer est assemblé avec la bobine de mesure suivant le paragraphe 5.2 de la Publication 367-1D de la CEI.
- 2) Quand la température du noyau est spécifiée, le noyau doit être placé dans un environnement à température contrôlée, conformément au point 7 du paragraphe 11.2.5. La mesure doit être effectuée aussi rapidement que possible afin que l'échauffement propre de la bobine et du noyau soit négligeable.

exceed 0.002 rad over the frequency range defined in Item 4. With sinusoidal currents this resistor shall either be non-reactive as specified above, or in the case of a reactive component shall be compensated at the measuring frequency by a variable capacitor. This capacitor may at the same time be used to compensate any phase shift between the channels of the multiplying voltmeter.

Notes 1. — Instructions for making a non-reactive resistor are given in Clause L4 of Appendix L.

2. — Compensation of a reactive resistor is generally valid only for a single frequency.

- 4) The frequency range of the voltmeters and the oscilloscope shall include all harmonics of the applied voltages having amplitudes of 1% or more of their fundamentals. The frequency range shall be specified in the relevant specification.

Any phase error between the channels of the multiplying voltmeter shall not exceed 0.003 rad over the full frequency range required. The input impedance of both channels shall be high enough to have a negligible effect on the circuit.

- 5) The average-reading voltmeter and the r.m.s.-reading voltmeter shall be Class 1 or better.

The inaccuracy inherent in each channel of the multiplying voltmeter shall not exceed 1% of its full scale reading; this applies, for example, when the multiplying voltmeter is used instead of a separate voltmeter for determining the average voltage across the measuring coil.

When used in the product mode, the multiplying voltmeter shall be capable of indicating, with known meter constant, the time average of the product of the instantaneous values of the two voltages measured by each channel, with an inaccuracy not exceeding 2% of the full scale reading.

Notes 1. — The limit on the peak factor specified for the multiplying voltmeter should be observed.

2. — If the quality factor Q of the assembled coil is greater than 10, the error in the indicated average product is increased.

- 6) Calibration facilities shall be provided for the oscilloscope method to obtain an accuracy for the displayed voltages of better than 3% of full deflection. Measures should be taken to ensure that the inaccuracy of the area measurement does not exceed 5%.
- 7) A temperature-controlled environment shall be provided, capable of maintaining the core at the specified temperature during the measurement.

11.2.6 *Measuring procedure*

- 1) The core to be measured is assembled with the measuring coil in accordance with Sub-clause 5.2 of IEC Publication 367-1D.
- 2) When the temperature of the core is specified, it shall be placed in a temperature-controlled environment in accordance with Item 7 of Sub-clause 11.2.5. The measurement shall be made as quickly as possible to ensure that the self-heating of the coil and core is negligible.

- 3) La bobine assemblée est reliée au circuit et le générateur est réglé pour fournir l'onde de tension ou de courant spécifié à la fréquence spécifiée. La tension de la source est réglée de manière que la tension moyenne par demi-période, mesurée aux bornes de la bobine, soit conforme à la relation:

$$U_{av} = 2f \cdot N \cdot A \cdot \Delta B$$

où:

f = fréquence de mesure

N = nombre de spires de la bobine de mesure ou de l'enroulement de tension de la bobine de mesure

ΔB = variation spécifiée d'induction au cours de la mesure. Pour une induction variant de façon symétrique avec une valeur de crête de $\hat{B}$, $\Delta B = 2\hat{B}$

A = soit la surface effective du noyau, A_e , soit la valeur nominale de la plus petite section A_{min} , selon ce qui est prescrit par la spécification

Toutes les dimensions utilisées pour calculer A_{min} sont les valeurs moyennes comprises entre les tolérances citées sur le plan de la pièce correspondant

Note. — Lorsqu'on utilise la méthode de l'oscilloscope sans voltmètre à lecture moyenne, la tension intégrée maximale mesurée aux bornes de la bobine est:

$$(\int u \cdot dt)_{max} = N \cdot A \cdot \Delta B$$

- 4) Pour la méthode du voltmètre multiplicateur, le voltmètre est connecté pour la multiplication et on lit son indication.

Pour la méthode du pont, l'équilibre final est fait, les affichages du pont comparés à ceux avant la connexion avec le noyau assemblé sont notés et on lit la tension efficace aux bornes de la bobine assemblée.

Pour la méthode de l'oscilloscope, on photographie la figure enregistrée si possible de manière telle qu'elle comprenne les impulsions de tension étalon dans les deux coordonnées.

Note. — Une meilleure précision peut être obtenue quand on utilise une méthode numérique. Dans ce cas, la surface peut être calculée directement.

11.2.7 Calculs

1) Méthode du voltmètre multiplicateur

Les pertes totales, en watts, dans le noyau sont données par:

$$P = (\overline{u \cdot i}) = \alpha \cdot K$$

où:

$(\overline{u \cdot i})$ = moyenne du produit de la tension aux bornes de la bobine assemblée et du courant la traversant

α = lecture de l'appareil

K = constante de l'appareil, calculée à partir de la sensibilité des deux voies, de la valeur R_i de la résistance de mesure du courant et de la déviation à pleine échelle de l'échelle appropriée de l'appareil

Pour les mesures en impulsions, la fréquence de répétition des impulsions, f_p , est choisie suivant le temps de récupération. Il est donc préférable, dans ce cas, d'exprimer les pertes en terme d'énergie par cycle $E = (\overline{u \cdot i})/f_p$. Pour une amplitude et une durée d'impulsions données, E est indépendant de f_p et en général $P = E \cdot f_p$.

Il convient de faire référence aux instructions du constructeur accompagnant l'instrument pour la conduite à tenir devant les erreurs susceptibles de se produire et leur correction.

- 3) The assembled coil is connected to the circuit and the generator is adjusted to give the specified voltage or current waveform at the specified frequency. The source voltage is adjusted so that the average voltage per half cycle, measured across the coil, is given by:

$$U_{av} = 2f \cdot N \cdot A \cdot \Delta B$$

where:

f = measuring frequency

N = number of turns of the measuring coil or of the voltage winding of the measuring coil

ΔB = specified change in the flux density during the measurement. For flux density alternating in a symmetrical fashion with a peak value of $\hat{B}$, $\Delta B = 2\hat{B}$

A = either the effective core area, A_e , or the nominal value of the smallest cross-section, A_{min} , as required by the specification

All the dimensions used to calculate A_{min} shall be the mean values between the tolerance limits quoted on the appropriate piece part drawing

Note. — When the oscilloscope method is used without an average-reading voltmeter, the maximum integrated voltage measured across the coil is:

$$(\int u \cdot dt)_{max} = N \cdot A \cdot \Delta B$$

- 4) For the multiplying voltmeter method, the voltmeter is switched for multiplication and its indication is read.

For the bridge method, the final balance is made, the bridge settings as compared with those before connection of the assembled core are noted and the r.m.s. voltage across the assembled coil is read.

For the oscilloscope method, the displayed loop is photographed, if possible in such a way that the calibration voltage pulses in both co-ordinates are included.

Note. — A better accuracy can be obtained when use is made of a digital processing method. In this case, the surface area can be derived directly.

11.2.7 Calculation

1) Multiplying voltmeter method

The total core loss in watts is given by:

$$P = (\overline{u \cdot i}) = \alpha \cdot K$$

where:

$(\overline{u \cdot i})$ = time average of the product of the voltage across the assembled coil and the current through it

α = meter reading

K = meter constant derived from the sensitivity of both channels, the value of the current-measuring resistor R_i and the full scale deflection of the appropriate meter scale

In the case of pulse measurements the pulse repetition frequency, f_p , is chosen by consideration of recovery time. It is therefore preferable, in this case, to express the loss in terms of energy per cycle, $E = (\overline{u \cdot i})/f_p$. For a given pulse amplitude and pulse duration, E is independent of f_p and in general $P = E \cdot f_p$.

Reference should be made to the manufacturer's instructions accompanying the instrument for advice on the errors likely to occur, and their correction.

2) Méthode du pont

La résistance parallèle équivalente R_p de la bobine assemblée est déterminée d'après les réglages des éléments du pont correspondants et les pertes totales, en watts, dans le noyau sont alors données par la relation suivante:

$$P = \frac{U^2}{R_p}$$

où:

U = tension efficace aux bornes de la bobine de mesure pendant l'équilibre final

Note. — Cette tension est égale à celle qui existe aux bornes du générateur G à l'équilibre (voir article L2 de l'annexe L).

3) Méthode de l'oscilloscope

A l'aide des impulsions étalonnées, l'énergie par cycle E en joules est déterminée à partir de la surface du cycle. La perte totale du noyau, en watts, est donnée par:

$$P = f \cdot E$$

4) Pertes spécifiques

Les pertes spécifiques sont données soit par:

$$P_v = \frac{P}{v_e}, \text{ normalement exprimé en W/dm}^3 (= \mu\text{W/mm}^3)$$

où:

P_v = perte volumique

v_e = volume effectif du noyau

soit par:

$$P_m = \frac{P}{m}, \text{ normalement exprimé en W/kg}$$

où:

P_m = perte massique

m = masse du noyau

2) *Bridge method*

The equivalent parallel resistance R_p of the assembled coil is determined from the settings of the appropriate bridge elements and the total core loss in watts is then given by:

$$P = \frac{U^2}{R_p}$$

where:

U = r.m.s. voltage across the measuring coil during final balance

Note. — This voltage equals that across the generator G at balance (see Clause L2 of Appendix L).

3) *Oscilloscope method*

With the aid of the calibration pulses, the energy per cycle E in joules is determined from the loop area. The total core loss in watts is then given by:

$$P = f \cdot E$$

4) *Power loss density*

The power loss density is given by either:

$$P_v = \frac{P}{v_e}, \text{ normally expressed in W/dm}^3 (= \mu\text{W/mm}^3)$$

where:

P_v = power loss (volume) density and
 v_e = effective core volume

or

$$P_m = \frac{P}{m}, \text{ normally expressed in W/kg}$$

where:

P_m = power loss(mass) density and
 m = core mass

ANNEXE L

EXEMPLES DE CIRCUITS POUR LA MESURE DES PERTES TOTALES
DANS LE NOYAU

L1. Méthode du voltmètre multiplicateur

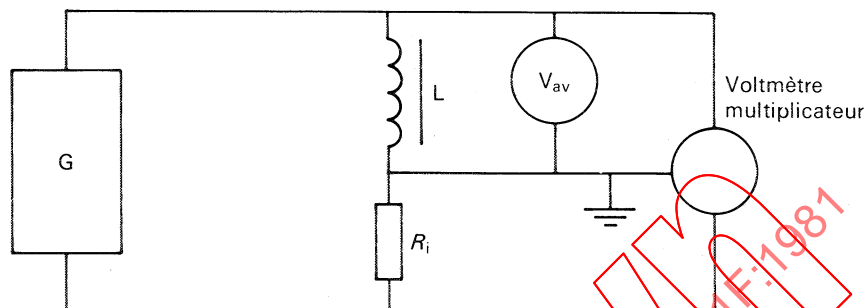


FIGURE 1

Il est préférable que le circuit de terre soit déterminé par le point commun du voltmètre multiplicateur.

L2. Méthode du pont

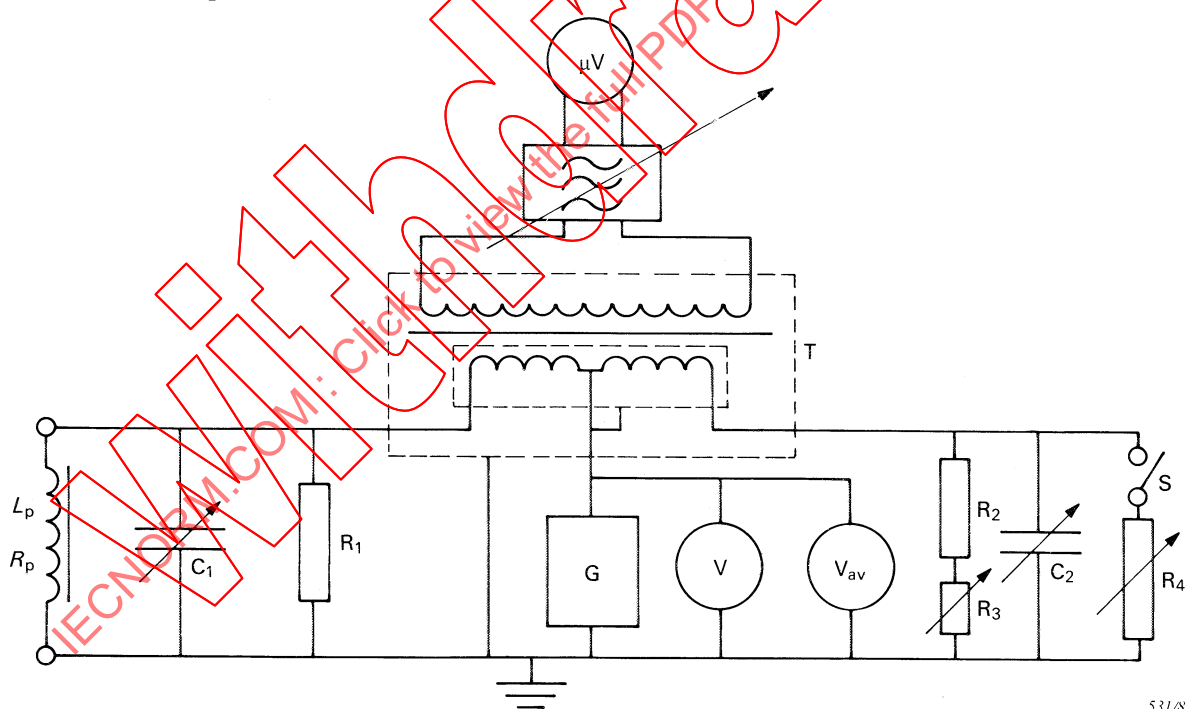


FIGURE 2

Cet exemple d'un pont approprié, avec les valeurs numériques indiquées ci-dessous, est capable de mesurer des pertes totales dans un noyau allant jusqu'à 30 W avec 30 V_{eff} aux bornes de la bobine dans une bande de fréquences centrée sur environ 20 kHz. Il est recommandé que le générateur soit capable de fournir une puissance suffisante dans la gamme de fréquences appropriée (c'est-à-dire au moins deux fois la puissance exigée dans le composant à l'essai).

EXAMPLES OF CIRCUITS FOR MEASURING TOTAL CORE LOSS

The diagram shows a circuit for measuring inductance L using the Maxwell's Inductance Comparison method. A standard resistor G is connected in series with an inductor L . A variable resistor R_i is connected in parallel with the inductor L . A voltmeter V_{av} is connected across the inductor L , and a multiplying voltmeter is connected across the variable resistor R_i . The circuit is powered by a DC source.

FIGURE 1

It is preferable to have the circuit earth determined by the common terminal of the multiplying voltmeter.

FIGURE 2

This example of a suitable bridge, with the numerical values indicated below, is capable of measuring total core loss up to approximately 30 W with 30 V r.m.s. appearing across the measuring coil over a frequency band centred on about 20 kHz. The generator should be capable of delivering adequate power over the appropriate frequency range (i.e. at least twice the power required in the component under test).

Le filtre passe-bande sera accordé à la fréquence à laquelle on règle le générateur pendant la mesure. Son affaiblissement pour toutes les fréquences harmoniques sera d'au moins 40 dB.

L_p
 R_p } = inductance et résistance parallèles de la bobine de mesure à l'essai.

C_1 = condensateur à 4 décades de 100 pF à 1 μ F en parallèle avec un condensateur variable à air de 100 pF.

C_2 = condensateur variable à air de 100 pF.

R_1 = résistance fixe de 50 k Ω à haute stabilité.

R_2 = résistance fixe de 47 k Ω à haute stabilité.

R_3 = potentiomètre de 5 k Ω à haute stabilité.

R_4 = résistance à 4 décades de 0,1 Ω à 1 k Ω . La tenue en puissance devra être telle qu'elle puisse opérer à 30 V à toutes les valeurs descendant jusqu'à 30 Ω .

T = tête de pont inductive à transformateur. Par exemple:

- Noyau ferrite: Noyau à haute perméabilité avec une largeur de bobinage d'environ 18,5 mm, par exemple RM 14, pot 42 $\times$ 29 ou noyaux en E appropriés.
- Enroulement primaire: 2 $\times$ 26 spires de fil de cuivre de 0,63 mm de diamètre, isolation grade 1, bobine bifilaire en deux couches, bobinages connectés en série additionnelle.
- Enroulement secondaire: 542 spires de fil de cuivre de 0,28 mm de diamètre, isolation grade 1.
- Ecrans: l'enroulement bifilaire devra être fermé sur les deux côtés par un écran de cuivre et celui-ci devra être connecté électriquement au point milieu de l'enroulement primaire. Le transformateur complet devra être enfermé dans un écran extérieur connecté à la borne terre du pont.

Le transformateur T de la figure 2, page 14, s'il est construit comme indiqué ci-dessus, aura une inductance primaire totale supérieure à 18 mH, ce qui lui donnera une sensibilité appropriée dans une gamme de fréquences d'au moins 5 kHz à 50 kHz (1 kHz à 200 kHz si possible); il devra pouvoir supporter des courants de 1 A dans les bras du pont. N'importe quelle impédance connectée entre le point milieu de l'enroulement primaire et les bornes du pont, par exemple une capacité parasite, n'affecte pas l'équilibre du pont.

Avant de connecter la bobine assemblée au circuit, le pont est équilibré au moyen de R_3 et C_2 avec la capacité C_1 réglée à sa valeur minimale et l'interrupteur S ouvert. Si nécessaire, une résistance ou une capacité peut être ajoutée à l'un des côtés du pont pour obtenir l'équilibre.

Après que la bobine de mesure a été reliée aux bornes appropriées du pont, l'interrupteur S est fermé et l'équilibrage final est effectué en réglant seulement C_1 et R_4 , d'où $R_4 = R_p$.

L3. Méthode de l'oscilloscope

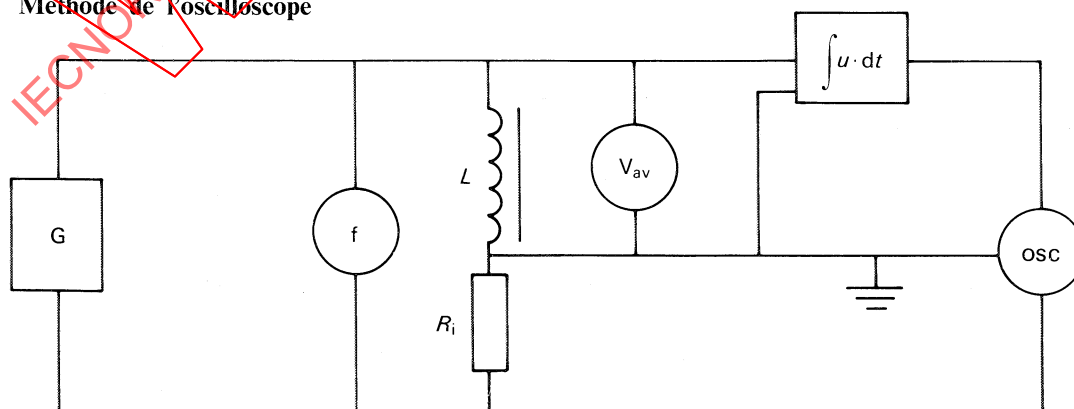


FIGURE 3

532/81

The band-pass filter should be tuned to the frequency at which the generator is adjusted during the measurement. Its attenuation at all harmonic frequencies should be not less than 40 dB.

$\left. \begin{matrix} L_p \\ R_p \end{matrix} \right\}$ = parallel inductance and parallel resistance of the measuring coil under test.

C_1 = four-decade capacitor of 100 pF to 1 μ F in parallel with a 100 pF variable air capacitor.

C_2 = 100 pF variable air capacitor.

R_1 = high-stability fixed resistor of 50 k Ω .

R_2 = high-stability fixed resistor of 47 k Ω .

R_3 = high-stability potentiometer of 5 k Ω .

R_4 = four-decade resistor of 0.1 Ω to 1 k Ω . The power rating should be such that it can operate at 30 V at all settings down to 30 Ω .

T = inductive ratio arm transformer. For example:

- ferrite core: a high-permeability core with an available winding width of about 18.5 mm, for example RM 14, 42 $\times$ 29 pot core or suitable pair of E-cores
- primary winding: 2 $\times$ 26 turns of 0.63 mm diameter copper wire, grade 1 covering, wound bifilar in two layers, windings connected in series aiding.
- secondary winding: 542 turns of 0.28 mm diameter copper wire, grade 1 covering.
- screens: the bifilar winding should be enclosed on both sides by a copper foil screen and this should be electrically connected to the mid-point of the primary winding; the complete transformer should be enclosed in an outer screen connected to the earth terminal of the bridge.

The transformer T of Figure 2, page 15, if constructed as detailed above, would have a total primary inductance of not less than 18 mH, would give adequate sensitivity over the range of at least 5 kHz to 50 kHz (1 kHz to 200 kHz if possible) and should be able to carry bridge arm currents of 1 A. Any impedance connected between the mid-point of the primary winding and the bridge terminals, for example, stray capacitance, does not affect the balance of the bridge.

Before the assembled coil is connected to the circuit, the bridge is balanced by means of R_3 and C_2 , with capacitor C_1 set at its minimum value and switch S open. If necessary, resistance or capacitance may be added to either side of the bridge to obtain balance.

After the measuring coil is connected to the appropriate bridge terminals, switch S is closed and final balancing is made solely by adjusting C_1 and R_4 , whence $R_4 = R_p$.

L3. Oscilloscope method

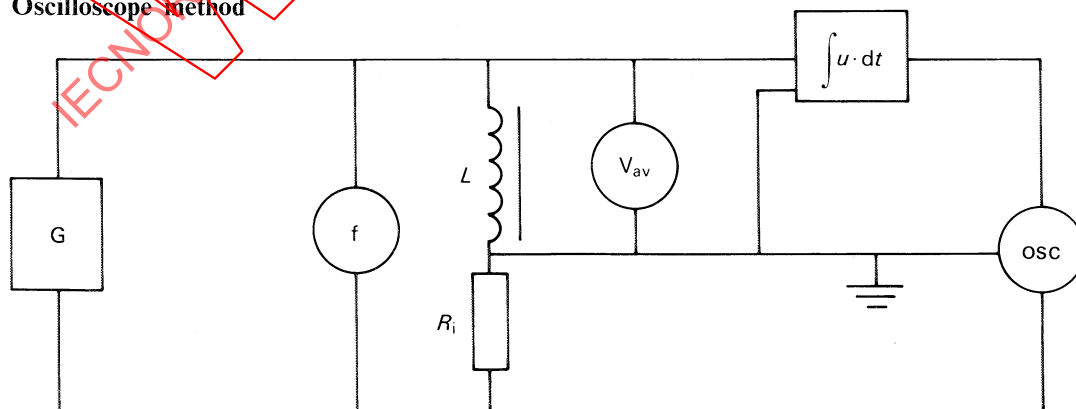


FIGURE 3

532/81