

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 367-1

Première édition — First edition

1971

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

Première partie: Méthodes de mesure

Cores for inductors and transformers for telecommunications

Part 1: Measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 367-1

Première édition — First edition

1971

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

Première partie: Méthodes de mesure

Cores for inductors and transformers for telecommunications

Part 1: Measuring methods



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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4

Articles

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application.	8
2. Objet	8
3. Conditions d'ambiance	10
4. Précautions générales pour les méthodes comprenant les mesures de la perméabilité	10
5. Précautions générales pour les mesures des pertes	12
6. Conditionnement magnétique	12
7. Mesure de l'inductance	14

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE COMMUNES

8. Désaccommodation	16
9. Variation de la perméabilité en fonction de la température	20
10. Gamme de réglage de l'inductance	26
11. Pertes	26

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE SPÉCIALISÉES

A l'étude

ANNEXES A — Appareil de conditionnement magnétique à décharge de condensateur	28
B — Amplificateur de puissance pour le conditionnement magnétique	32
C — Appareil pour le conditionnement magnétique basé sur la méthode avec champ alternatif	36
D — Méthode thermique pour le conditionnement magnétique	38
E — Méthodes d'expression de la variation en fonction de la température	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

Clause

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope	9
2. Object	9
3. Environmental conditions	11
4. General precautions for methods involving permeability measurements	11
5. General precautions for loss measurements	13
6. Magnetic conditioning	13
7. Inductance measurement	15

SECTION TWO — COMMON MEASURING METHODS

8. Disaccommodation	17
9. Variation of permeability with temperature	21
10. Range of inductance adjustments	27
11. Losses	27

SECTION THREE — SPECIALIZED MEASURING METHODS

Under consideration

APPENDICES A — Apparatus for magnetic conditioning with capacitor discharge	29
B — Power amplifier for magnetic conditioning	33
C — Apparatus for magnetic conditioning based on the alternating field method	37
D — Thermal method for magnetic conditioning	39
E — Methods of expressing temperature dependence	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS
DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS**

Première partie : Méthodes de mesure

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 51 de la C E I: Composants magnétiques et ferrites.

Un premier projet concernant les méthodes de mesure de la variabilité fut discuté lors des réunions tenues à Baden-Baden en 1965 et à Tel-Aviv en 1966. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1967. Les observations reçues furent examinées lors de la réunion tenue à Londres en 1968, où il fut convenu que le contenu technique du document ferait partie d'une publication contenant toutes les méthodes de mesures pour les noyaux en ferrite des transformateurs et bobines d'inductance destinés aux télécommunications. Ceci demanda un réarrangement du texte qui, y compris quelques modifications acceptées à cette réunion fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en novembre 1969.

Lors de la réunion tenue à Washington en 1970, une autre discussion eut lieu sur la coordination des diverses recommandations dans le domaine des noyaux pour les transformateurs et bobines d'inductance. Il fut alors décidé que les méthodes de mesure seraient publiées comme première partie d'une Publication de la C E I qui contiendrait dans sa deuxième partie les directives combinées pour l'établissement des spécifications, c'est-à-dire les textes révisés des Publications 218 de la C E I: Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs accordés et bobines d'inductance destinés aux télécommunications, et 219: Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs à large bande destinés aux télécommunications.

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

Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France

Israël
Italie
Japon
Royaume-Uni
Suède
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS
FOR TELECOMMUNICATIONS**

Part 1: Measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by I E C Technical Committee No. 51, Magnetic Components and Ferrite Materials.

A first draft on measuring methods for variability was discussed at meetings held in Baden-Baden in 1965 and in Tel-Aviv in 1966. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1967. The comments received were discussed at the meeting held in London in 1968, where it was agreed that the substance of the document should form part of a publication containing all measuring methods for ferrite transformer and inductor cores for telecommunications. This required a re-arrangement of the text which, including some amendments agreed at the meeting, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in November 1969.

At the meeting held in Washington in 1970, a further discussion took place on the co-ordination between the various recommendations in the field of transformer and inductor cores. It was therefore decided that the measuring methods should be issued as Part 1 of an I E C Publication which should contain in Part 2 the combined guides for the drafting of performance specifications, i.e. the revised texts of I E C Publications 218, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Tuned Transformers and Inductors of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication, and 219, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Broad-band Transformers of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Israel
Austria	Italy
Belgium	Japan
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Turkey
Denmark	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America

Des projets de l'annexe B furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe B:

Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Des projets de l'annexe D furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe D:

Australie	Japon
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Des projets de l'annexe E furent discutés lors des réunions tenues à Londres en 1968 et à Washington en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'annexe E:

Allemagne	Japon
Australie	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Iran	Turquie
Israël	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques

Drafts of Appendix B were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix B:

Australia	Japan
Belgium	Netherlands
Canada	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Drafts of Appendix D were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix D:

Australia	Japan
Belgium	Romania
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Turkey
Denmark	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

Drafts of Appendix E were discussed at the meetings held in London in 1968 and in Washington in 1970. As a result of this latter meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Appendix E

Australia	Japan
Belgium	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet
Iran	Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Première partie : Méthodes de mesure

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux circuits magnétiques, fabriqués principalement à partir d'oxydes magnétiques ou de poudres métalliques, utilisés dans les bobines d'inductance et les transformateurs destinés au matériel de télécommunications et aux dispositifs électroniques basés sur des techniques analogues.

Quelques-unes des méthodes décrites dans la présente recommandation peuvent aussi convenir aux circuits magnétiques utilisés dans d'autres composants.

2. Objet

Donner des directives pour l'établissement de telles parties des spécifications des circuits magnétiques qui se rapportent aux méthodes de mesure pour les caractéristiques magnétiques et électriques des noyaux. La présente recommandation se limite aux principes généraux à suivre pour les diverses méthodes de mesure possibles et montre les facteurs qu'il faut considérer lorsque l'on veut décrire une méthode de mesure à inclure dans une spécification.

Cette première partie a été divisée en trois sections correspondant à l'utilisation des diverses méthodes de mesure, à savoir:

- Section un: Généralités, qui comprend les indications générales et les méthodes normalement utilisées en combinaison avec les méthodes de mesure incluses dans les sections deux et trois.
- Section deux: Méthodes de mesure communes, qui comprend les méthodes de mesure utilisées dans la plupart des cas pour les noyaux de bobines d'inductance et de transformateurs.
- Section trois: Méthodes de mesure spécialisées, qui comprend les méthodes destinées à fournir des informations et utilisées seulement dans des cas spéciaux dans une spécification de noyau.

Note. — Toutes les formules dans la présente recommandation s'appliquent aux unités fondamentales du SI. Lorsqu'on utilise des multiples ou sous-multiples, la puissance de 10 appropriée doit être introduite.

Les symboles normalisés suivants sont utilisés dans ces formules:

t	= temps;
θ	= température;
L	= inductance;
μ_0	= constante magnétique, $0,4 \pi \times 10^{-6}$ H/m;
μ_r	= perméabilité relative *;
μ_i	= perméabilité initiale;
μ_e	= perméabilité effective = $L C_1 / \mu_0 N^2$;
μ_{rev}	= perméabilité réversible;
N	= nombre de spires de la bobine de mesure;
C_1 et C_2	= coefficients du noyau définis dans la Publication 205 de la C E I: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques;
A_e	= surface effective de la transversale;
ω	= pulsation = $2\pi \times$ fréquence du courant de mesure.

* Dans le cas des versions qualifiées de perméabilité, comme la perméabilité initiale μ_i , on se réfère à la quantité relative, sauf indication contraire,

CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS FOR TELECOMMUNICATIONS

Part 1: Measuring methods

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This Recommendation applies to magnetic cores, mainly made of magnetic oxides or metallic powders, used in inductors and transformers for telecommunication equipment and electronic devices employing similar techniques.

Some of the methods described in this Recommendation may also be suitable for magnetic cores used in other components.

2. Object

To give guidance for the drafting of those parts of specifications for magnetic cores that are concerned with measuring methods for magnetic and electric core properties. This Recommendation is limited to the general principles to be followed for various possible test methods and it sets out the factors to be taken into account when deciding on the description of the test method to be included in the specification.

In accordance with the use made of the measuring methods, this Part 1 has been sub-divided into three sections as follows:

- Section One: General, including general stipulations and methods generally used in combination with measuring methods included in Sections Two and Three;
- Section Two: Common measuring methods, including those methods which are used for important parts of inductor and transformer core measurements.
- Section Three: Specialized measuring methods, including methods intended for information purposes and used only in special cases for specification purposes.

Note. — All formulae in this Recommendation use basic SI-units. When multiples or sub-multiples are used, the appropriate power of 10 shall be introduced.

The following standard symbols are used in these formulae:

t	= time;
θ	= temperature;
L	= self inductance;
μ_0	= magnetic constant, $0.4 \pi \times 10^{-6}$ H/m;
μ_r	= relative permeability *;
μ_i	= initial permeability;
μ_e	= effective permeability = $L C_1 / \mu_0 N^2$;
μ_{rev}	= reversible permeability;
N	= number of turns of measuring coil;
C_1 and C_2	= core factors defined in IEC Publication 205. Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts;
A_e	= effective cross-sectional area;
ω	= angular frequency = $2\pi \times$ frequency of measuring current.

* In the case of qualified versions of permeability, such as initial permeability μ_i , the relative quantity is meant, unless otherwise stated.

3. Conditions d'ambiance

3.1 Généralités

Normalement, les noyaux doivent être soumis à un conditionnement magnétique conformément à l'article 6, au moins 24 h avant le commencement des mesures.

Pendant toute la période de mesure, le circuit doit être protégé contre les chocs et vibrations mécaniques et contre les perturbations magnétiques. Pendant les variations de température, on doit éviter la condensation sur la bobine.

3.2 Température ambiante

Sauf spécification contraire, l'ensemble de la mesure doit être fait à une température située dans la plage des conditions atmosphériques normales d'essai conforme à la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Pendant toute la période de mesure, la température ne doit, cependant, pas varier au point d'exercer un effet appréciable sur le résultat de la mesure.

Les noyaux assemblés avec la bobine de mesure et les dispositifs de serrage doivent rester dans cette atmosphère pendant un temps suffisant pour obtenir l'équilibre thermique. La température pendant la mesure doit être notée.

Note. — Cela veut dire que les mesures peuvent être faites à une température quelconque dans la plage de 15 °C à 35 °C et que, dans le cas où la limite spécifiée pour la quantité mesurée est dépassée, il est permis de répéter la mesure de préférence à 25 ± 1 °C ou à une des autres températures d'arbitrage (20 ± 1 °C; 23 ± 1 °C, ou 27 ± 1 °C).

4. Précautions générales pour les méthodes comprenant les mesures de la perméabilité

4.1 Paramètres considérés

La perméabilité effective d'un noyau dépend de nombreux facteurs parmi lesquels se trouvent le passé magnétique, le temps, la température, l'intensité du champ magnétique, la pression mécanique, la fréquence du courant de mesure, la géométrie du noyau et la géométrie et la position de la bobine de mesure. Quelques méthodes données dans la présente recommandation ne concernent qu'un de ces facteurs à la fois, par exemple, le temps ou la température, et pendant ces mesures les précautions doivent tendre à éliminer l'influence de tous les autres facteurs. Par exemple, un dispositif de serrage doit être tel que la pression reste constante dans le temps et avec la température de manière que le résultat de la mesure ne soit pas influencé par la variation de la pression.

4.2 Relation avec la pratique

Les conditions de mesures doivent être choisies de manière que le résultat mesuré soit apte à prédire le fonctionnement d'un noyau dans les conditions pratiques. Ceci n'implique pas que toutes les conditions doivent correspondre à celles utilisées réellement en pratique.

4.3 Montage des circuits magnétiques formés de plus d'une partie

Pour les circuits magnétiques formés de plus d'une partie et qui sont assemblés autour de la bobine de mesure, on doit utiliser un dispositif de serrage pendant toute la mesure. Ce dispositif de serrage doit être apte à :

- distribuer la force de serrage uniformément sur les surfaces de contact, sans introduire des tensions de flexion dans les noyaux;

3. Environmental conditions

3.1 General

Normally, the cores are magnetically conditioned in accordance with Clause 6, not less than 24 h before the measurements start.

During the whole procedure, the core shall be protected against mechanical shocks and vibrations and against magnetic disturbances. Condensation on measuring windings, which may occur at changing temperature, should be avoided.

3.2 Ambient temperature

Unless otherwise specified, the whole measurement procedure shall take place at a temperature within the range of standard atmospheric conditions for testing according to IEC Publication 68. Basic Environmental Testing Procedures. During the whole period of the measurement, the temperature shall however, not vary to such an extent as to have an appreciable effect on its results.

The assembled cores with measuring coil and clamping devices shall be kept in this environment for a sufficient time to reach thermal equilibrium. The temperature during measurement shall be stated.

Note. — This clause means that the measurements may be made at any temperature within the range of 15 °C to 35 °C but that, if the specified limits are exceeded, it is allowed to repeat the measurements, preferably at 25 ± 1 °C or at one of the other standard temperatures for referee tests: 20 ± 1 °C, 23 ± 1 °C, or 27 ± 1 °C.

4. General precautions for methods involving permeability measurements

4.1 Parameters involved

The effective permeability of a core depends upon many factors, among which are the magnetic history, time, temperature, field strength, mechanical pressure, frequency of measuring current, core geometry and geometry and position of the measuring coil. Various methods described in this recommendation single out one of these factors at a time, e.g. time or temperature, and the precautions during these measurements should be directed towards eliminating the influence of all other factors. For example, a clamping device should be such that the pressure remains constant in time and with temperature, so that the measuring result is not influenced by changing pressure.

4.2 Relation to practice

The measuring conditions shall be so chosen that the measured results are suitable for predicting the performance of the core under practical circumstances. This does not imply that all conditions have to correspond to those prevailing in practice.

4.3 Mounting of cores consisting of more than one part

For cores consisting of more than one part which assemble around the measuring coil, a clamping device shall be used throughout the measurements. This clamping device shall be able to:

- distribute the clamping force uniformly over the contact surfaces, without introducing bending stresses in the core;

- tenir les parties du circuit rigidement en position l'une par rapport à l'autre;
- dépasser transitoirement la force de serrage d'environ 10 % pendant la fermeture afin d'éliminer les faibles irrégularités entre les surfaces de contact nettoyées;
- exercer la force de serrage spécifiée $\pm 5\%$;
- maintenir la force constante à $\pm 1\%$ pendant la période totale de mesure.

Note. — Il est considéré comme suffisant de maintenir la force constante à $\pm 1\%$ lorsque la force de serrage spécifiée est choisie dans la portion plate de la courbe de la perméabilité en fonction de la force. Sinon, une tolérance plus étroite peut être requise.

Ces circuits doivent être montés conformément aux instructions suivantes:

Les surfaces de contact seront contrôlées pour les détériorations et la propreté. Les circuits endommagés ne doivent pas être utilisés. Les surfaces de contact doivent être nettoyées par un moyen non abrasif, par exemple en frottant doucement sur une peau de chamois sèche.

Les particules de poussière doivent être éloignées en soufflant avec du gaz comprimé pur et sec. Les surfaces de contact ne doivent jamais être touchées avec les doigts nus. Les parties d'un circuit doivent alors être assemblées autour de la bobine de mesure, cette dernière étant fixée en position sur le noyau par des moyens appropriés, par exemple un anneau de matériel expansé. Les parties du circuit sont centrées et le circuit placé dans le dispositif de serrage. La force de serrage spécifiée dans la spécification particulière doit alors être appliquée. Les circuits montés doivent rester dans les conditions ambiantes spécifiées (voir l'article 3) pendant un temps suffisant pour que la variation éventuelle de la perméabilité relative, causée par le serrage, devienne négligeable.

5. Précautions générales pour les mesures des pertes

A l'étude.

6. Conditionnement magnétique

6.1 Objet

Obtenir un état magnétique bien défini et reproductible d'un noyau avant de faire les mesures.

6.2 Principe de la méthode

Il y a deux méthodes principales:

- 1) la méthode électrique dans laquelle les échantillons sont soumis à un champ magnétique alternatif de grandeur suffisante, dont l'amplitude décroît graduellement jusqu'à zéro;
- 2) la méthode thermique dans laquelle les spécimens sont portés au-dessus du point de Curie.

6.3 Processus de la méthode électrique

La crête du champ doit porter le matériau bien au-dessus du coude de la courbe d'aimantation et la réduction de l'amplitude doit provoquer deux inversions du flux dans le noyau pour chaque cycle complet.

Deux possibilités existent:

- 1) Un courant alternatif décroissant traverse la bobine de mesure située sur le spécimen. La décroissance du courant peut être:
 - a) linéaire, par exemple par un potentiomètre. La réduction de l'amplitude doit s'étendre au moins sur 50 périodes;

- hold the core parts rigidly in position relative to each other;
- give a transient overforce of about 10% when being closed, in order to break down fine irregularities between the cleaned contact surfaces;
- exert a specified clamping force $\pm 5\%$;
- keep the force constant within $\pm 1\%$ during the total period of the measurement.

Note. — Keeping the force within $\pm 1\%$ is considered sufficient when the specified clamping force is chosen in the flat portion of the curve of permeability versus force. Otherwise closer tolerances may be required.

The mounting of such cores shall be done in accordance with the following instructions:

The contact surfaces shall be inspected for damage and cleanliness. Damaged cores shall not be used. When necessary, the contact surfaces shall be cleaned by non-abrasive means, e.g. by rubbing gently on a dry wash-leather.

Dust particles shall be blown off with clean dry compressed gas. The contact surfaces shall never be touched with the bare fingers. The core parts shall then be assembled around the measuring coil, the latter being locked in position with respect to the core by suitable means, e.g. a foam washer. The core parts are centered and the core placed in the clamping device. The clamping force specified in the relevant specification shall then be applied. The clamped cores shall be kept under the specified environmental conditions (see Clause 3) for a time sufficient to allow any variation of effective permeability with time due to clamping to become negligible.

5. General precautions for loss measurements

Under consideration.

6. Magnetic conditioning

6.1 Object

To arrive at a well defined and reproducible magnetic state of a core before the measurements are made.

6.2 Principles of the methods

There are two main methods:

- 1) the electrical method in which the specimen is subjected to an alternating magnetic field of sufficient magnitude, of which the amplitude is gradually reduced to zero;
- 2) the thermal method in which the specimen is taken above the Curie point.

6.3 Procedure of the electrical method

The initial peak of the field strength shall take the core well above the knee of the magnetization curve and during the reduction of amplitude there shall be two flux reversals in the core for each complete cycle.

There are two possibilities:

- 1) A decreasing alternating current is passed through the measuring coil on the specimen. The current decrease may be:
 - a) linear, e.g. by a potentiometer. The amplitude reduction shall then extend over not less than 50 cycles;

b) exponentielle, par exemple par une décharge de condensateur. Le rapport de deux crêtes de courant consécutives dans le même sens doit être au moins de 0,78 dans ce cas.

La bobine ne doit pas chauffer de façon sensible pendant le conditionnement.

Pour les détails supplémentaires de ces méthodes, voir les annexes A et B.

2) Le spécimen est soumis à un champ alternatif dans l'entrefer d'un électro-aimant.

Pour les détails supplémentaires de cette méthode, voir dans l'annexe C.

6.4 *Processus de la méthode thermique*

Le noyau doit être chauffé à une vitesse spécifiée de variation de température et maintenu pendant environ 40 min à une température qui dépasse d'environ 25 deg C le point de Curie. Le refroidissement doit aussi être fait à une vitesse spécifiée de variation de température. Pour les détails supplémentaires, voir l'annexe D.

7. **Mesure de l'inductance**

7.1 *Objet*

Fournir des instructions générales pour la mesure de l'inductance d'un circuit de bobine d'inductance ou de transformateur, sans entrer dans les détails de la méthode qui dépendent de l'instrument électrique utilisé pour la mesure.

Il faut distinguer deux objets de mesure:

- 1) obtenir une mesure de la valeur absolue du paramètre inductif du noyau;
- 2) obtenir une mesure de la variation du paramètre inductif dans certaines conditions.

7.2 *Moyen de couplage*

Normalement on utilise une bobine de mesure, mais en principe toute ligne co-axiale, cavité ou autre dispositif approprié produisant l'interaction nécessaire entre le matériau magnétique et le signal électromagnétique, peut aussi être utilisé.

Pour la mesure d'un tore avec une bobine, les spires de la bobine de mesure doivent être réparties uniformément de manière à réduire la capacité et le champ de fuite pour obtenir une mesure suffisamment précise.

Pour les mesures sur des noyaux s'assemblant avec une bobine, la forme de la bobine de mesure doit correspondre à celle utilisée dans les applications normales du noyau et son influence sur la variation de l'inductance à mesurer doit être négligeable.

Une des faces de la bobine doit être marquée pour définir son orientation. Lorsque le noyau n'est pas tout à fait symétrique, la bobine doit toujours être placée sur le noyau à la même place et dans la même position, et elle doit être maintenue bien en position pendant toute la mesure pour obtenir la reproductibilité maximale de la mesure.

La spécification particulière doit donner tous les détails au sujet de la construction et de la position de la bobine.

7.3 *Mesure absolue*

On peut utiliser tout appareil de mesure convenable dont la précision est compatible avec la tolérance spécifiée, compte tenu de la reproductibilité des autres éléments de la méthode de mesure.

- b) exponential, e.g. by a capacitor discharge. The ratio of two consecutive current peaks in the same direction shall be not less than 0.78 in that case.

The coil shall not be appreciably heated by the current during conditioning.

Further details on these methods are given in Appendices A and B.

- 2) The specimen is passed through the alternating field in the air gap of an electromagnet.

Further details on this method are given in Appendix C.

6.4 *Procedure of the thermal method*

The core shall be heated at a specified rate of temperature change and maintained for about 40 min at a temperature approximately 25 deg C in excess of the Curie point. Cooling shall also take place at a specified rate. For further details, see Appendix D.

7. **Inductance measurement**

7.1 *Object*

To provide general instructions for the measurement of inductance of inductor and transformer cores without going into details of the method dependent upon the electrical instrument used.

Two measurement purposes should be distinguished:

- 1) to obtain a measurement of the absolute value of the inductance parameter of the core;
- 2) to obtain a measurement of the dependence of the inductance parameter under certain conditions.

7.2 *Means of coupling*

Normally, a measuring coil will be used, but in principle any coaxial line, cavity or other suitable device providing the necessary interaction between the magnetic material and the electromagnetic signal, may also be used.

For measurement on toroids using coils, the turns of the measuring coil shall be distributed in such a way as to keep both the stray capacitance and the stray field as low as necessary for sufficiently accurate measurement.

For measurements on cores which assemble around a coil, the shape of the measuring coil shall correspond to that of the coils used for normal application of the core and its influence on the variation of the inductance to be measured shall be negligible.

One of the coil faces shall be marked so as to define its orientation. When the core is not completely symmetrical, the coil shall always be placed on the core in the same place and position, and it shall be well kept in position during the whole measurement in order to obtain the maximum reproducibility of the measurement.

Full details of the coil construction and position shall be given in the relevant specification.

7.3 *Absolute measurement*

Any suitable measuring apparatus may be used provided the accuracy is compatible with the specified tolerance, taking into account the reproducibility of other parts of the measuring method.