

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60367-1

Deuxième édition
Second edition
1982-01

**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**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60367-1: 1982

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60367-1

Deuxième édition
Second edition
1982-01

**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**

© IEC 1982 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application	14
2. Objet	14
3. Conditions d'ambiance	16
4. Précautions générales pour les méthodes comprenant les mesures de la perméabilité	16
5. Précautions générales pour les mesures des pertes à faible induction	18
6. Conditionnement magnétique	20
7. Mesure de l'inductance	22
 SECTION DEUX – MÉTHODES DE MESURE COMMUNES	
8. Désaccommodation	24
9. Variation de la perméabilité en fonction de la température	28
10. Gamme de réglage de l'inductance	34
11. Pertes	38
 SECTION TROIS – MÉTHODES DE MESURE SPÉCIALISÉES	
12. Distorsion en troisième harmonique	50
13. Sensibilité au choc magnétique	54
14. Contribution du dispositif de réglage à l'instabilité du noyau	58
15. Influence d'un champ magnétique statique	64
16. Propriétés magnétiques en impulsions	66
17. Perméabilité d'amplitude (effective)	82
 ANNEXES	
A – Appareil de conditionnement magnétique à décharge de condensateur	88
B – Amplificateur de puissance pour le conditionnement magnétique	92
C – Appareil pour le conditionnement magnétique basé sur la méthode avec champ alternatif	96
D – Méthode thermique pour le conditionnement magnétique	98
E – Guide pour la réalisation de bobines de mesures d'inductance pour les nouveaux types de noyaux	100

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
SECTION ONE – GENERAL	
1. Scope	15
2. Object	15
3. Environmental conditions	17
4. General precautions for methods involving permeability measurements	17
5. General precautions for loss measurement at low flux density	19
6. Magnetic conditioning	21
7. Inductance measurement	23
SECTION TWO – COMMON MEASURING METHODS	
8. Disaccommodation	25
9. Variation of permeability with temperature	29
10. Range of inductance adjustment	35
11. Losses	39
SECTION THREE – SPECIALIZED MEASURING METHODS	
12. Third harmonic distortion	51
13. Magnetic shock sensitivity	55
14. Contribution of the adjusting device to the core instability	59
15. Influence of a static magnetic field	65
16. Magnetic properties under pulse conditions	67
17. (Effective) Amplitude permeability	83
APPENDICES A – Apparatus for magnetic conditioning with capacitor discharge	89
B – Power amplifier for magnetic conditioning	93
C – Apparatus for magnetic conditioning based on the alternating field method	97
D – Thermal method for magnetic conditioning	99
E – Guide for the design of inductance measuring coils for newly developed types of cores	101

ANNEXES	F – Méthodes d'expression de la variation en fonction de la température	106
	G – Méthode d'oscillation amortie pour l'étalonnage des mesures de pertes	118
	H – Méthode de transmission pour l'étalonnage des mesures de pertes	124
	J – Exemples de circuits pour la mesure des pertes totales dans le noyau	128
	K – Exemple d'un circuit pour la mesure de la distorsion en troisième harmonique (méthode à basse impédance)	134
	L – Méthodes de mesure de l'inductance en présence d'un champ magnétique statique . .	136
	M – Exemples de circuits pour les mesures en impulsion	140
	N – Exemples de circuits pour la mesure de la perméabilité d'amplitude (effective)	142

Withdrawn

APPENDICES F – Methods of expressing temperature dependence	107
G – Damped oscillation method for loss measurement calibration	119
H – Transmission method for loss measurement calibration	125
J – Examples of circuits for measuring total core loss	129
K – Example of a circuit for measuring third harmonic distortion (low impedance method)	135
L – Methods of inductance measurement in the presence of a static magnetic field . . .	137
M – Examples of circuits for pulse measurements	141
N – Examples of circuits for measuring (effective) amplitude permeability	143

Withdrawn

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 CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes ou 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 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, document 51(Bureau Central)72, 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, comme document 51(Bureau Central)89.

Lors de la réunion tenue à Washington en 1970, une autre discussion eut lieu sur la coordination des diverses normes 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 CEI 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 CEI: 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 Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette première partie:

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

Un premier projet concernant les articles 5 et 11 ainsi que les annexes G et H fut discuté lors des réunions tenues à Londres en 1968, à Washington en 1970 et à Leningrad en 1971. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 51(Bureau Central)135, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1972. Des modifications, document 51(Bureau Central)163, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en mars 1975.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**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.

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, Document 51(Central Office)72, 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, as Document 51(Central Office)89.

At the meeting held in Washington in 1970, a further discussion took place on the co-ordination between the various standards in the field of transformer and inductor cores. It was therefore decided that the measuring methods should be issued as Part 1 of an IEC publication which should contain in Part 2 the combined guides for the drafting of performance specifications, i.e. the revised texts of IEC 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 National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

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

A first draft concerning Clauses 5 and 11 and Appendices G and H was discussed at the meetings held in London in 1968, in Washington in 1970 and in Leningrad in 1971. As a result of this latter meeting, a draft, Document 51(Central Office)135, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1972. Amendments, Document 51(Central Office)163, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1975.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication des articles 5 et 11 et des annexes G et H:

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

Un premier projet concernant le paragraphe 11.2 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 du paragraphe 11.2:

Afrique du Sud (République d')	Espagne	Pays-Bas
Allemagne	France	Royaume-Uni
Belgique	Hongrie	Suède
Bulgarie	Italie	Turquie
Danemark	Japon	Union des Républiques
Egypte	Nouvelle-Zélande	Socialistes Soviétiques

Un premier projet concernant l'article 10 fut établi par le Secrétariat comme complément à la Publication 218 et le sujet fut discuté lors des réunions tenues à Londres en 1968 et à Washington en 1970. Pendant cette dernière réunion, on décida de diviser le texte de ce document en deux parties: l'une concernant les caractéristiques à inclure dans la Publication 218 et l'autre concernant les méthodes de mesure comme complément à la Publication 367-1. Par suite de cette décision, un projet définitif de cette deuxième partie, document 51(Bureau Central)107, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1971.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 10:

Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Suède
Australie	France	Suisse
Belgique	Israël	Turquie
Canada	Italie	Union des Républiques
Corée (République démocratique populaire de)	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Danemark	Portugal	
	Royaume-Uni	

Un premier projet concernant l'article 12 fut établi par le Secrétariat et le sujet fut discuté lors des réunions tenues à Londres en 1968 et à Washington en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)102, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1971.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 12:

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

Un premier projet concernant l'article 13 fut établi par le Groupe de Travail 6 du CE 51; le sujet fut discuté lors des réunions tenues à Londres en 1968, à Washington en 1970 et à Leningrad en 1971. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)126, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1972.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 13:

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

Un premier projet concernant l'article 14 fut établi par le Groupe de Travail 6 du CE 51; le sujet fut discuté lors des réunions tenues à Londres en 1968, à Washington en 1970 et à Leningrad en 1971. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)129, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1972. Des modifications, document 51(Bureau Central)144, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en mai 1973.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clauses 5 and 11 and Appendices G and H.

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

A first draft concerning Sub-clause 11.2 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 of Sub-clause 11.2:

Belgium	Hungary	Spain
Bulgaria	Italy	Sweden
Denmark	Japan	Turkey
Egypt	Netherlands	Union of Soviet
France	New Zealand	Socialist Republics
Germany	South Africa (Republic of)	United Kingdom

A first draft concerning Clause 10 was prepared by the Secretariat as a supplement to Publication 218 and the subject was discussed at meetings in London in 1968 and in Washington in 1970. At this latter meeting, it was decided to split up the contents of this document into a part on characteristics to be included in Publication 218 and a part on measuring methods for inclusion in Publication 367-1. As a result of this decision, a final draft of the second part, Document 51(Central Office)107, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1971.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 10:

Australia	Italy	Turkey
Belgium	Korea (Democratic People's	Union of Soviet
Canada	Republic of)	Socialist Republics
Denmark	Netherlands	United Kingdom
France	Portugal	United States of America
Germany	Sweden	
Israel	Switzerland	

A first draft concerning Clause 12 was prepared by the Secretariat and the subject was discussed at the meetings held in London in 1968 and in Washington in 1970. As a result of this latter meeting, a final draft, Document 51(Central Office)102, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1971.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 12:

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

A first draft concerning Clause 13 was prepared by Working Group 6 of TC 51 and the subject was discussed at meetings held in London in 1968, in Washington in 1970 and in Leningrad in 1971. As a result of this latter meeting, a final draft, Document 51(Central Office)126, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1972.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 13:

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

A first draft concerning Clause 14 was prepared by Working Group 6 of TC 51 and the subject was discussed at meetings held in London in 1968, in Washington in 1970 and in Leningrad in 1971. As a result of this latter meeting, a final draft, Document 51(Central Office)129, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1972. Amendments, Document 51(Central Office)144, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in May 1973.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 14:

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

Un premier projet concernant l'article 15 fut discuté lors des réunions tenues à Leningrad en 1971 et à Zurich en 1974. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 51(Bureau Central)174, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975. Des modifications, documents 51(Bureau Central)193 et 208, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en novembre 1977.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 15:

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

Des projets concernant l'article 16 furent discutés lors des réunions tenues à La Haye en 1975, à Budapest en 1977 et à Stockholm en 1978. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 51(Bureau Central)237, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1980.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 16:

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Suède
Allemagne	Israël	Suisse
Belgique	Japon	Turquie
Bulgarie	Nouvelle-Zélande	Union des Républiques
Egypte	Pologne	Socialistes Soviétiques
Espagne	Royaume-Uni	

Un premier projet concernant l'article 17 fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1978. A la suite de cette réunion, un projet, document 51(Bureau Central)224, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1979. Des modifications, document 51(Bureau Central)238, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en janvier 1981.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de l'article 17:

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Pologne
Allemagne	France	Royaume-Uni
Belgique	Hongrie	Suède
Danemark	Italie	Turquie
Egypte	Japon	Union des Républiques
Espagne	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques

Des projets concernant l'annexe B furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)80, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

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

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

Des projets concernant l'annexe D furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)79, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

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

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

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 14:

Belgium	Israel	Union of Soviet
Canada	Japan	Socialist Republics
Czechoslovakia	Netherlands	United Kingdom
Denmark	Romania	United States of America
Egypt	Sweden	Yugoslavia
France	Switzerland	
Germany	Turkey	

A first draft concerning Clause 15 was discussed at the meetings in Leningrad in 1971 and in Zurich in 1974. As a result of the latter meeting a draft, Document 51(Central Office)174, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975. Amendments, Documents 51(Central Office)193 and 208, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in November 1977.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 15:

Australia	Hungary	Spain
Austria	Israel	Sweden
Belgium	Italy	Switzerland
Canada	Japan	Turkey
Denmark	Netherlands	Union of Soviet
Egypt	Poland	Socialist Republics
France	Romania	United Kingdom
Germany	South Africa (Republic of)	United States of America

Drafts concerning Clause 16 were discussed at the meetings held in The Hague in 1975, in Budapest in 1977 and in Stockholm in 1978. As a result of this latter meeting, a draft, Document 51(Central Office)237, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 16:

Belgium	New Zealand	Turkey
Bulgaria	Poland	Union of Soviet
Egypt	South Africa (Republic of)	Socialist Republics
Germany	Spain	United Kingdom
Israel	Sweden	United States of America
Japan	Switzerland	

A first draft concerning Clause 17 was discussed at the meeting held in Stockholm in 1978. As a result of this meeting a draft, Document 51(Central Office)224, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1979. Amendments, Document 51(Central Office)238, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1981.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication of Clause 17:

Belgium	Italy	Sweden
Denmark	Japan	Turkey
Egypt	Netherlands	Union of Soviet
France	Poland	Socialist Republics
Germany	South Africa (Republic of)	United Kingdom
Hungary	Spain	United States of America

Drafts concerning Appendix B were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting, a final draft, Document 51(Central Office)80, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

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

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

Drafts concerning Appendix D were discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this meeting, a final draft, Document 51(Central Office)79, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

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

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

Un premier projet concernant l'annexe E* fut discuté lors des réunions tenues à Washington en 1970, à Leningrad en 1971 et à Zurich en 1974. A la suite de cette réunion, le projet, document 51(Bureau Central)158, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1974. Des modifications, document 51(Bureau Central)184, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en avril 1976.

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

Allemagne	France	Suède
Autriche	Hongrie	Suisse
Belgique	Italie	Turquie
Canada	Japon	Union des Républiques
Danemark	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Egypte	Pologne	Yougoslavie
Espagne	Roumanie	
Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni	

Des projets concernant l'annexe F** 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, document 51(Bureau Central)87, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1969.

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

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

Le Comité national danois a voté contre la proposition car il n'accepte pas que l'on adopte le même symbole littéral pour deux paramètres différents.

La présente norme constitue la deuxième édition de la Publication 367-1.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 51: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.
- 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
- 68-2-1: Deuxième partie: Essais – Essais A: Froid.
- 68-2-2: Essais B: Chaleur sèche.
- 205: Calculs des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques.
- 317-2: Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage, Deuxième partie: Fils de section circulaire en cuivre émaillé soudable, adhérent sous l'action de la chaleur ou de solvant.

* A l'origine, annexe J.

** A l'origine, annexe E.

A first draft concerning Appendix E* was discussed at the meetings held in Washington in 1970, in Leningrad in 1971 and in Zurich in 1974. As a result of this latter meeting, the draft, Document 51(Central Office)158, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1974. Amendments, Document 51(Central Office)184, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in April 1976.

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

Austria	Italy	Turkey
Belgium	Japan	Union of Soviet
Canada	Netherlands	Socialist Republics
Denmark	Poland	United Kingdom
Egypt	Romania	United States of America
France	Spain	Yugoslavia
Germany	Sweden	
Hungary	Switzerland	

Drafts concerning Appendix F** 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, Document 51(Central Office)87, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1969.

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

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

The Danish National Committee voted against the proposal because it could not accept the use of the same letter symbol for two different parameters.

This standard constitutes the second edition of Publication 367-1.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 51: Recommendations for Direct Indicating Electrical Measuring Instruments and their Accessories.
- 68: Basic Environmental Testing Procedures.
- 68-2-1: Part 2: Tests – Tests A: Cold.
- 68-2-2: Tests B: Dry heat.
- 205: Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts.
- 317-2: Specifications for Particular Types of Winding Wires, Part 2: Heat or Solvent Bonding Self-fluxing Enamelled Round Copper Wires.

*Originally, Appendix J.

**Originally, Appendix E.

NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Première partie: Méthodes de mesure

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme 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 norme 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 norme se limite aux principes généraux à suivre pour les diverses méthodes de mesure possibles et montre les facteurs qu'il faut considérer lorsqu'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 norme 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 CEI: 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 standard 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 standard 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 standard 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 standard 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. Dans certains cas, cela nécessite un contrôle de la température de la chambre.

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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ou à une des autres températures d'arbitrage ($20 \pm 1^\circ\text{C}$, $23 \pm 1^\circ\text{C}$, ou $27 \pm 1^\circ\text{C}$).

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 norme 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. Cela 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;
- 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;

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 shock and vibration 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, however, the temperature shall not vary to such an extent as to have an appreciable effect on its results. In some cases, this may necessitate the use of a temperature controlled chamber.

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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ or at one of the other standard temperatures for reference tests: $20 \pm 1^\circ\text{C}$, $23 \pm 1^\circ\text{C}$, or $27 \pm 1^\circ\text{C}$.

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 standard 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 and which are assembled 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;
- 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;

- 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 matériau 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 à faible induction

5.1 Pertes

A faible induction (c'est-à-dire dans la région de Rayleigh) les pertes mesurées sur un noyau au moyen d'une bobine ou autre dispositif de couplage sont dues à différentes causes; les unes peuvent être inhérentes au noyau lui-même, d'autres aux dispositifs de couplage et aux connexions entre le dispositif de couplage et l'instrument de mesure. Pour les mesures avec bobine, les pertes suivantes peuvent être distinguées:

perte dans le noyau; perte ohmique dans la bobine; perte due à l'effet de peau et à l'effet de proximité, perte diélectrique dans la bobine; perte dans les fils de connexion et perte dans n'importe quels composants associés (par exemple dans le condensateur de résonance).

Des dispositions sont à prendre pour séparer la perte du noyau de la perte totale mesurée, soit par correction, soit en choisissant les conditions telles que les autres pertes soient rendues négligeables. La perte ohmique dans la bobine et la perte dans les composants associés peuvent être mesurées séparément; les autres pertes peuvent être soit calculées, soit déterminées expérimentalement.

La détermination de la perte dans le noyau ne présente pas de grosses difficultés pour les noyaux en ferrite sans entrefer ou avec un très petit entrefer (par exemple les tores et les noyaux en pot sans entrefer intentionnel) parce que, avec une bobine convenablement calculée, la perte dans le noyau est alors beaucoup plus forte que n'importe quelle autre perte.

Cela n'est pas forcément le cas pour les mesures de pertes sur les noyaux à entrefer pour lesquels il peut être difficile d'obtenir une précision suffisante pour la perte dans le noyau seul.

Deux méthodes peuvent alors être appliquées:

- 1) Mesurer le facteur de pertes avant usinage de l'entrefer et calculer la perte dans le noyau avec entrefer.

Note. – Il n'est pas permis de mesurer le facteur de pertes sur un noyau sans entrefer de géométrie différente de celle du noyau à entrefer, par exemple sur un tore de même matériau, puisque la perte par courant de Foucault dépend fortement de la géométrie du noyau.

- 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 centred 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 measurement at low flux density

5.1 Contributory losses

At low flux density (i.e. within the Rayleigh region), the loss measured on a core by means of a coil or other coupling device is due to a number of causes; some may be inherent in the core itself, some in the coupling device and some in the connection between the coupling device and the measuring instrument. For measurements with coils, the following contributory losses can be distinguished:

core loss; d.c. coil loss; losses due to skin effect and proximity effect; dielectric loss in the coil; loss in connecting wires and loss in any associated component (e.g. resonating capacitor).

An attempt should be made to isolate the core loss from the total loss measured, either by correction or by choosing the conditions so as to make the other contributory losses negligible. The d.c. coil loss and the loss in any associated component can be measured separately; the other contributory losses may be either calculated or determined experimentally.

The determination of the core loss does not present undue difficulties for ferrite cores without an air-gap or with a very small air-gap (e.g. toroids and pot cores without intentional air-gap) because, with a suitably designed coil, the core loss then is appreciably higher than any other of the contributory losses.

This may not be the case for loss measurement on gapped cores for which it may be difficult to obtain a sufficiently accurate result for the core loss alone.

Two methods may then be followed:

- 1) Measure the loss factor before the air-gap is ground and calculate the loss in the gapped core.

Note. – It is not permissible to measure the loss factor on an ungapped core having a geometry different from that of the gapped core, for example, on a toroid of the same material, since the eddy current core loss strongly depends upon the core geometry.

- 2) Ne pas essayer de séparer la perte du noyau et celle de la bobine mais comparer la perte combinée de la bobine de mesure et du noyau avec les résultats obtenus à partir de mesures analogues sur d'autres noyaux utilisant une bobine de construction identique et ayant la même résistance ohmique.

La meilleure politique est d'obtenir ces bobines de mesure à partir de la même source et, de temps en temps, de comparer les résultats de mesure avec différentes bobines sur les mêmes noyaux. De plus, les résultats de mesure devront être accompagnés de la valeur de la résistance ohmique de la bobine; si on vérifie ces résultats avec une autre bobine, les mesures devront être corrigées pour s'appliquer à la résistance de la bobine.

5.2 Montage

Des couplages entre le champ de fuite du noyau et les objets étrangers doivent être évités. Les connexions entre la bobine de mesure ou autre dispositif de couplage et l'instrument de mesure doivent être courtes, directes et fixées, de telle façon que le mouvement de l'échantillon ne puisse causer d'erreurs additionnelles.

Pour les noyaux comportant au moins deux pièces assemblées autour de la bobine de mesure, ces pièces doivent être montées comme spécifié au paragraphe 4.3, mais la force n'est pas aussi critique que dans le cas d'une mesure d'inductance.

Le positionnement de la bobine de mesure dans le noyau doit répondre à la description donnée au paragraphe 7.2.

6. Conditionnement magnétique

6.1 Objet

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

6.2 Principes des méthodes

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;
 - 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.

- 2) Make no attempt to separate core and coil loss but compare the combined loss of the core and the measuring coil with the results obtained from similar measurements of other cores using a coil of identical construction and having the same d.c. resistance.

The best policy is to obtain these measuring coils from the same source and from time to time compare the results of measurements with various coils on the same cores. Furthermore, the measuring results should be accompanied by the d.c. resistance value of the coil; when comparing the results obtained with different coils, the measurements shall be corrected to allow for the difference in coil resistance.

5.2 Mounting

Coupling between the stray field of the core and extraneous objects shall be avoided. Connections between the measuring coil or other coupling device and the measuring instrument shall be short, direct and so fixed that movement of the specimen cannot cause additional error.

Cores of more than one part which assemble around the measuring coil shall in general be clamped as specified in Sub-clause 4.3 but the force is not so critical as in the case of inductance measurement.

The positioning of the measuring coil on the core shall be as described in Sub-clause 7.2.

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 for 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) 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.

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 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°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 coaxiale, 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.

Sauf spécification contraire, la bobine d'essai complète avec sa carcasse ou son enrobage, ou les deux, doit être positionnée coaxialement sur la jambe qui la supporte, et le côté où commence le bobinage doit être amené en contact avec le noyau sous une légère pression à l'extrémité de cette jambe de la façon suivante:

- pour un noyau symétrique, l'assemblage de la bobine devra être mis en contact avec le noyau d'un côté ou de l'autre;
- pour un noyau symétrique excepté l'entrefer, l'assemblage de la bobine devra être mis en contact avec la moitié du noyau qui contient la plus faible proportion de l'entrefer.

Une des faces de la bobine devra être marquée afin de définir son orientation. La bobine devra être maintenue en position durant toute la mesure afin d'obtenir la reproductibilité maximale dans les mesures.

La spécification particulière doit donner tous les détails au sujet de la construction et de la position de la bobine. Des directives pour la réalisation de bobines de mesures d'inductance sont données à l'annexe E.

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 for 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°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 windings, without going into details of the method, which depend upon the electrical instrument used for the measurement.

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.

Unless otherwise specified, the test coil complete with coil former or encapsulation, or both, shall be positioned coaxial to the limb which it embraces, and the side of the coil at which the start of the winding is located shall be lightly pressed into contact with the core at one end of this limb as follows:

- for a symmetrical core, the coil assembly shall contact the core at either one end or the other;
- for a core that is symmetrical except for an air-gap, the coil assembly shall make end contact to that half of the core that contains the least proportion of the air-gap.

One of the coil faces shall be marked so as to define its orientation. The coil shall be kept in the defined 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. Guidance for the design of inductance measuring cores is given in Appendix E.

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.

La fréquence du courant de mesure doit être suffisamment basse afin d'éviter l'influence de la capacité de la bobine de mesure sur le résultat de la mesure. Doubler la fréquence ne doit pas produire un effet appréciable. Pour la mesure de l'inductance correspondant à la perméabilité initiale, l'induction magnétique doit être faible, c'est-à-dire telle qu'une valeur double ne provoque qu'une variation négligeable de la valeur mesurée. Si nécessaire, le résultat peut être corrigé par extrapolation linéaire des mesures à inductions basses.

La fréquence du courant de mesure et la valeur de crête de l'induction effective doivent être notées.

Note. – La valeur de crête de l'induction effective $\hat{B}_e$ dans un noyau se calcule comme suit:

$$\hat{B}_e = \frac{U\sqrt{2}}{\omega N A_e}$$

où:

U = valeur efficace de la tension sinusoïdale appliquée à la bobine de mesure

7.4 Mesure relative

Les mêmes détails que pour la mesure absolue sont applicables, excepté que la précision absolue de l'instrument de mesure n'est pas importante pourvu que la variation relative de l'inductance $\Delta L/L$ puisse être déterminée avec la précision exigée dans la partie des régions de mesure utilisées. Une limite supérieure pratique pour la valeur de crête de l'induction effective dans une partie quelconque du noyau est de 0,25 mT et cette induction ne doit pas être appliquée pendant plus de 1 min pour chaque mesure.

Lorsqu'on utilise une méthode de variation de fréquence, il faut être assuré que la fréquence est suffisamment basse pour correspondre à la portion plate de la caractéristique du matériau donnant la perméabilité en fonction de la fréquence et pour éviter une influence appréciable de la distribution du courant dans la bobine de mesure, causée par l'effet Foucault.

La fréquence du courant de mesure (approximative) et l'induction magnétique doivent être notées.

SECTION DEUX – MÉTHODES DE MESURE COMMUNES

8. Désaccommodation

8.1 Objet

Évaluer le changement en fonction du temps de la perméabilité d'un noyau.

Notes 1. – Les deux composantes de la perméabilité complexe présentent de la désaccommodation mais dans la présente norme la composante réelle est seule considérée.

2. – On peut utiliser soit la désaccommodation soit le facteur de désaccommodation pour décrire la variation en fonction du temps. Voir aussi le paragraphe 8.6.

8.2 Principe de la méthode

Le noyau est soumis au conditionnement magnétique; l'inductance ou une autre grandeur correspondant à la perméabilité initiale est mesurée à deux moments spécifiés après le conditionnement magnétique. Le facteur de désaccommodation (ou la désaccommodation) se calcule à partir de la différence entre les valeurs mesurées.

Note. – Normalement, la désaccommodation décroît avec l'induction croissante; elle est par suite généralement donnée pour des valeurs basses de l'induction.

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.

The frequency of the measuring current shall be low enough to avoid the influence of the capacitance of the measuring coil on the measured result. Doubling the frequency shall not have an appreciable effect. For measurement of inductance corresponding to initial permeability, the flux density shall be vanishingly low, i.e. of such level that doubling its value causes negligible change in the measured value. If necessary, the result may be corrected by linear extrapolation from measurements at low flux densities.

The frequency of the measuring current and the peak effective flux density shall be stated.

Note. – The peak effective flux density $\hat{B}_e$ in a core is calculated from:

$$\hat{B}_e = \frac{U\sqrt{2}}{\omega N A_e}$$

where:

U = r.m.s. value of the sinusoidal voltage applied to the coil

7.4 Relative measurement

The same details apply as for the absolute measurement, except that the absolute accuracy of the measuring instrument is not important as long as the relative inductance variation $\Delta L/L$ can be determined with the required accuracy over the part of the measuring range(s) used. A practical upper limit for the peak flux density in any core part is 0.25 mT and it shall be applied for not more than 1 min for each measurement.

Where a frequency variation method is used, it shall be ensured that the frequencies are low enough to correspond to the flat portion of the permeability-frequency characteristic of the material, and that appreciable influence of the current distribution due to eddy currents in the measuring coil is avoided.

The (approximate) measuring frequency and the flux density shall be stated.

SECTION TWO – COMMON MEASURING METHODS

8. Disaccommodation

8.1 Object

To evaluate the change of the permeability of a core with time.

Notes 1. – Both components of the complex permeability will show disaccommodation but in this standard only the real component is considered.

2. – Either the disaccommodation or the disaccommodation factor may be used to describe the variation with time. See also Sub-clause 8.6.

8.2 Principle of the method

The core is magnetically conditioned; the inductance or other quantity corresponding to initial permeability is measured at two specified times after magnetic conditioning. The disaccommodation factor (or the disaccommodation) is calculated from the difference in the measured values.

Note. – The disaccommodation normally decreases with increasing flux density so that it is generally given for low values of flux density.

8.3 Echantillons

Pour les mesures on doit utiliser des noyaux pris dans la production normale.

Dans le cas où un circuit est composé de plus d'une pièce, par exemple un circuit en pot, et que la désaccommodation doit être mesurée avec une bobine normale, il est préférable que le seul entrefer soit l'entrefer résiduel des surfaces de contact. Dans le cas d'une série de circuits avec chacun un entrefer différent, il est permis de faire les mesures sur des circuits avec l'entrefer le plus petit de la série.

Notes 1. – Dans quelques cas, comme celui des circuits en pot avec trou central, les parties du circuit peuvent être bobinées comme un tore. On peut mesurer la désaccommodation de cette manière après avoir vérifié que les résultats sont raisonnablement similaires ou s'accordent avec les résultats obtenus avec une bobine normale et que de plus la perméabilité initiale le long des lignes magnétiques toroïdales ne diffère pas de façon sensible de la perméabilité initiale dans la direction des lignes magnétiques normales. Cette méthode doit être utilisée avec une grande prudence. Dans le cas où un circuit en pot encoché est bobiné toroïdalement, les parois cylindriques extérieures apportent une contribution négligeable aux lignes magnétiques.

2. – Pour certains matériaux, la désaccommodation varie de façon appréciable dans la période qui suit immédiatement la cuisson. Dans ce cas, la feuille particulière peut spécifier que la mesure de la désaccommodation pour les essais d'homologation ne doit pas se faire pendant une période spécifiée après la fabrication et on doit aussi spécifier à partir de quel instant cette période doit être mesurée.

8.4 Dispositif de chronométrage

L'imprécision de chaque mesure de temps ne doit pas dépasser 1%. Dans le cas où le dispositif de chronométrage est démarré par le dispositif du conditionnement magnétique, ce chiffre doit inclure l'imprécision de la technique de démarrage et du dispositif de chronométrage.

Note. – En principe, dans le cas d'une méthode électrique, le temps de référence est le moment où l'intensité du champ commence à décroître à partir de la valeur de saturation. Pour des systèmes de conditionnement automatique, comme la méthode de décharge du condensateur et la méthode de l'amplificateur de puissance, le procédé complet de conditionnement magnétique est si court qu'il ne dépasse pas la tolérance du temps de la première mesure.

8.5 Processus de mesure

- 1) Le noyau est assemblé avec une bobine de mesure conformément au paragraphe 4.3.
- 2) Le circuit doit être soumis au conditionnement magnétique par une des méthodes de l'article 6. La méthode utilisée et les caractéristiques principales de l'appareil de conditionnement doivent être mentionnées. Dans tous les cas, l'appareil doit indiquer, de façon claire et reproductible, l'instant du conditionnement magnétique puisque ceci détermine le seuil de la mesure du temps et, par conséquent, influence fortement la précision de la mesure de la désaccommodation.
- 3) Deux lectures doivent être prises, conformément au paragraphe 7.4:
 - Pour la méthode électrique, la première 10 min et la seconde 100 min après le conditionnement magnétique.
 - Pour la méthode thermique, la première 24 h et la seconde 48 h après la mesure du temps de référence t_0 qui est défini comme l'instant où, pendant la période de refroidissement, la température atteint une valeur 10°C supérieure à la température de mesure.

On peut utiliser d'autres temps, mais dans le cas de la méthode électrique, la procédure totale ne doit pas prendre plus de 24 h. Le processus de mesure et les conditions climatiques doivent être identiques pour les deux mesures.

8.6 Calcul

La désaccommodation D entre t_1 et t_2 se calcule à partir de la différence entre les deux mesures rapportées à la première lecture. Dans le cas de la mesure de l'inductance, elle se calcule d'après:

$$D = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

8.3 Specimens

Cores taken from normal production shall be used for the measurement.

When the complete core consists of more than one part, e.g. a pot core, and the disaccommodation is to be measured with a normal winding, it is preferable that the only air-gap in the flux path shall be the residual air-gap at the contact surfaces. However, when there is a series of cores each with a different air-gap cut into the flux path it may be permissible to make the measurement on cores with the smallest available air-gap.

Notes 1. — In some cases, such as pot cores with centre hole, the core parts can be wound as a toroid. The disaccommodation may be measured in that way after it has been established that the results are reasonably equal to or correlate with the results obtained with a normal winding and, moreover, the initial permeability along the toroidal flux path is not appreciably different from the initial permeability in the direction of the normal flux path. This method should be used with extreme caution. When a slotted pot core is toroidally wound, the outside walls make negligible contribution to the flux path.

2. — For certain materials, the disaccommodation changes appreciably in the period immediately after firing. Where this is the case, the article sheet may specify that disaccommodation measurement for acceptance testing shall not be made within a stated period after manufacture and it shall also state from what instant this period shall be measured.

8.4 Timing device

The inaccuracy of any time measurement shall not exceed 1%. In the case where the timing device is started by the magnetic conditioning device, this figure shall include the inaccuracy of both the starting technique and the timing device.

Note. — In principle, for an electrical method the reference time shall be the moment when the field strength starts to decrease from the saturation value. For automatic conditioning systems, such as the capacitor discharge and power amplifier method, the whole magnetic conditioning process is so short as to fall within the tolerance of the time to the first measurement.

8.5 Measuring procedure

- 1) The core is assembled with a measuring coil in accordance with Sub-clause 4.3.
- 2) The core shall be subjected to magnetic conditioning by one of the methods of Clause 6. The method used shall be stated together with the main characteristics of the conditioning device. In all cases, the instrument shall clearly and reproducibly indicate the moment of magnetic conditioning since this forms the starting point of time measurement and strongly influences the accuracy of disaccommodation measurement.
- 3) Two readings are taken in accordance with Sub-clause 7.4:
 - In the electrical method, the first one 10 min and the second one 100 min after magnetic conditioning.
 - In the thermal method, the first one 24 h and the second one 48 h after measurement reference time t_0 which is defined as the moment when, during the cooling period, the temperature reaches a point 10°C above the measurement temperature.

Other times may be used, but preferably the whole procedure shall not take more than 24 h for the electrical method. The measuring procedure and environmental conditions shall be identical at the two measurements.

8.6 Calculation

The disaccommodation D between t_1 and t_2 is calculated from the difference of the two readings relative to the first reading. In the case of inductance measurement, it is calculated from:

$$D = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

Le facteur de désaccommodation D_F se calcule à partir de:

$$D_F = \frac{\mu_0 N^2 (L_1 - L_2)}{C_1 L_1^2 \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)}$$

où:

L_1 = inductance mesurée à t_1 min après le conditionnement magnétique

L_2 = inductance mesurée à t_2 min après le conditionnement magnétique

Note. — On a trouvé que la désaccommodation est à peu près proportionnelle au logarithme du temps et, pour cette raison, le facteur de désaccommodation est normalement utilisé pour exprimer la variabilité avec le temps. Dans les limites de l'approximation, la désaccommodation d'un circuit avec entrefer peut être calculée à partir du facteur de désaccommodation du matériau par la formule:

$$D = \mu_e D_F \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

Etant donné les limitations des procédés de fabrication, les propriétés des noyaux de différentes géométries fabriqués à partir des mêmes matériaux peuvent être différentes.

9. Variation de la perméabilité en fonction de la température

9.1 Objet

Evaluer la variation en fonction de la température de la perméabilité d'un noyau.

Notes 1. — Les deux composantes de la perméabilité complexe présentent une variabilité avec la température mais dans la présente norme la composante réelle est seule considérée.

2. — Lorsqu'on enregistre simultanément la perméabilité et la température d'un noyau, on obtient une vaste bande de points de mesure. On ne peut caractériser la variation de la perméabilité en fonction de la température avec une précision absolue par un seul nombre que pour une gamme de températures infinitésimale.

Le concept d'un coefficient de température ou d'un facteur de température utilisé dans une gamme de températures finie est désirable. Une valeur pratique permettant de faire les calculs, avec une précision convenable, peut être obtenue quand on choisit convenablement les conditions de mesure et les limites de température dans lesquelles on utilise le coefficient de température ou le facteur de température.

9.2 Principe de la méthode

La précision exigée de la méthode se répercute sur sa simplicité et sa durée et pour cette raison trois principes de mesure différents sont à distinguer.

Méthode A: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température très lente. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, la température et l'inductance sont enregistrées de façon continue.

Méthode B: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température modérée. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, le cycle est interrompu à certaines températures. Pendant chaque interruption, on maintient la température à une valeur constante suffisante pour permettre au circuit d'atteindre l'équilibre thermique avant qu'on fasse la lecture.

Méthode C: Le circuit assemblé avec la bobine de mesure est soumis à un cycle de température avec une variation de température modérée. Après un ou plusieurs cycles de stabilisation, le cycle est interrompu à certaines températures. Pendant chaque interruption, on maintient la température à une valeur constante. Après que le circuit a atteint l'équilibre thermique, on le soumet au conditionnement magnétique et, après un temps bien défini, on mesure l'inductance.

Note. — Puisque la désaccommodation varie avec la température, la méthode C peut donner des résultats différant considérablement de ceux des méthodes A ou B, mais puisque cette méthode est plus rapide, on peut l'utiliser pourvu que les résultats aient une corrélation suffisante avec ceux des méthodes A ou B.

The disaccommodation factor D_F may be calculated from:

$$D_F = \frac{\mu_0 N^2 (L_1 - L_2)}{C_1 L_1^2 \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)}$$

where:

L_1 = self-inductance measured at t_1 min after magnetic conditioning

L_2 = self-inductance measured at t_2 min after magnetic conditioning

Note. – The disaccommodation has been found to be approximately proportional to the logarithm of time, and for this reason the disaccommodation factor is normally used to express the variability with time. Within the limits of the approximation, the disaccommodation of a core with air-gap can be derived from the disaccommodation factor of the material:

$$D = \mu_c D_F \log_{10} \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

Due to limitations of the manufacturing process, the properties of cores with different geometries made of the same material may differ.

9. Variation of permeability with temperature

9.1 Object

To evaluate the change of the permeability of a core with temperature.

Notes 1. – Both components of the complex permeability will show temperature variability but in this standard only the real component is considered.

2. – When permeability and temperature of a core are simultaneously recorded, a large band of measuring points is obtained. The variation of permeability with temperature may be characterized with absolute accuracy in a single figure only for an infinitely small temperature range.

The concept of a temperature coefficient or a temperature factor applying over a finite temperature range is still desirable. A practical value permitting calculations to be made, with adequate accuracy, can be obtained by a proper choice of the measuring conditions and temperature limits under which the temperature coefficient or factor applies.

9.2 Principle of the method

The required accuracy of the method has a bearing on its simplicity and duration and for this reason three different measurement principles are distinguished.

Method A: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a very low rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, both the temperature and the inductance are continuously recorded.

Method B: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a moderate rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, the cycle is interrupted at certain temperatures. During each interruption, the temperature is kept constant for a sufficient time to allow the core to attain temperature equilibrium before the measurement is made.

Method C: The assembled core with measuring coil is taken through a temperature cycle at a moderate rate of variation of the temperature. After one or more stabilizing cycles, the cycle is interrupted at certain temperatures. During each interruption, the temperature is kept constant. After the core has reached thermal equilibrium, it is magnetically conditioned and the measurement is made after a clearly defined time.

Note. – Since the disaccommodation varies with temperature, method C may give results which differ appreciably from those obtained with Method A or B, but, since it is more rapid, it is useful, provided the results reliably correlate with those of Method A or B.

9.3 Echantillons

Pour les mesures on doit utiliser des noyaux pris dans la production normale.

Dans le cas où un circuit est composé de plus d'une pièce, par exemple un circuit en pot, et que la variation de température doit être mesurée suivant la méthode C, avec une bobine normale, il est préférable que le seul entrefer soit l'entrefer résiduel des surfaces de contact.

Note. – Dans quelques cas, comme celui des circuits en pot avec trou central, les parties du circuit peuvent être bobinées comme un tore. On peut mesurer la variation de la température de cette manière après avoir vérifié que les résultats sont raisonnablement similaires ou s'accordent avec les résultats obtenus avec une bobine normale. Cette méthode doit être utilisée avec une grande prudence. Dans le cas où un circuit en pot encoché est bobiné toroïdalement, les parois cylindriques extérieures apportent une contribution négligeable aux lignes magnétiques.

9.4 Dispositif de variation de température

1) Méthode A

On doit utiliser une étuve à programme de température contrôlé dans laquelle la variation de température avec le temps est pratiquement linéaire et peut être maintenue à une valeur de $0,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

2) Méthodes B et C

L'étuve utilisée pour cet essai doit être capable de maintenir la température spécifiée avec une tolérance de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dans toute région où on peut placer des composants. La température doit être maintenue constante dans le temps à $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

La régulation de température dans l'étuve doit être telle que les noyaux ne soient soumis à aucune oscillation et à aucun dépassement à l'extérieur de cette limite de $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

3) Thermomètres

Le dispositif de mesure de la température (ou capteur) devra avoir une sensibilité et une précision telles qu'il sera possible de:

- vérifier que la température est constante à $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$;
- mesurer, à $\pm 1\%$ ou $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, la valeur la plus grande étant applicable, la différence de température totale dans laquelle la variation en fonction de la température doit être mesurée.

9.5 Dispositif de chronométrage (méthode C seulement)

L'imprécision de chaque mesure de temps ne doit pas dépasser 1%. Dans le cas où le dispositif de chronométrage est démarré par le dispositif du conditionnement magnétique, ce chiffre doit inclure l'imprécision de la technique de démarrage et du dispositif de chronométrage.

Note. – En principe, le temps de référence est le moment où l'intensité du champ commence à décroître à partir de la valeur de saturation. Pour des systèmes de conditionnement automatique, comme la méthode de décharge du condensateur et la méthode de l'amplificateur de puissance, le procédé complet de conditionnement magnétique est si court qu'il ne dépasse pas la tolérance du temps de la mesure.

9.6 Processus de mesure

1) Le circuit est assemblé avec une bobine de mesure conformément au paragraphe 4.3.

La tolérance de $\pm 1\%$ pour la force de serrage comprend toute variation de force produite par la variation de température.

2) Le circuit doit être soumis à un nombre de cycles de stabilisation et à un cycle de mesure. Normalement deux cycles de stabilisation sont suffisants. Ils sont identiques aux cycles de mesure décrits plus loin par rapport aux températures extrêmes et à la vitesse de variation de température, mais les périodes à température constante spécifiques aux cycles de mesure peuvent être supprimées.

9.3 Specimens

Cores taken from normal production shall be used for the measurement.

When the complete core consists of more than one part, e.g. a pot core, and the temperature variation is to be measured according to Method C with a normal winding, it is preferable that the only air-gap in the flux path shall be the residual air-gap due to the contact surfaces.

Note. – In some cases, such as pot cores with centre hole, the core parts can be wound as a toroid. The temperature variation may be measured in that way after it has been established that the results are reasonably equal to or correlate with the results obtained with a normal winding. This method should be used with extreme caution. When a slotted pot core is toroidally wound, the outside walls make negligible contribution to the flux path.

9.4 Temperature cycling device

1) Method A

A temperature controlled chamber shall be used in which the temperature change with time is practically linear and can be kept at $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

2) Methods B and C

The chamber used for this test shall be capable of maintaining, in any region where the components are placed, the specified temperature within an overall tolerance of $\pm 1^{\circ}\text{C}$. The temperature shall be kept constant with time within $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$.

The temperature in the chamber shall be so controlled that the cores are not subjected to any temperature ripple and overshoot exceeding this limit of $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$.

3) Thermometers

The temperature measuring (or sensing) device shall have such sensitivity and accuracy that it is possible:

- to check that temperature is constant within $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$;
- to measure within $\pm 1\%$, or $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, whichever is the greater, the total temperature difference over which the temperature dependence is to be measured.

9.5 Timing device (Method C only)

The inaccuracy of any time measurement shall not exceed 1%. In the case where the timing device is started by the magnetic conditioning device, this figure shall include the inaccuracy of both the starting technique and the timing device.

Note. – In principle, the reference time shall be the moment when the field strength starts to decrease from the saturation value. For automatic conditioning systems, such as the capacitor discharge and power amplifier method, the whole magnetic conditioning process is so short as to fall within the tolerance of the time of the measurement.

9.6 Measuring procedure

1) The core is assembled with a measuring coil in accordance with Sub-clause 4.3.

The tolerance of $\pm 1\%$ on the clamping force includes any force variation due to temperature change.

2) The core shall be subjected to a number of stabilizing cycles and one measuring cycle. Usually two stabilizing cycles are sufficient. They are identical to the measuring cycles described below as to temperature range and specified rate of temperature change, but the periods at constant temperature specific to the measuring cycles can be left out.

Méthode A: Le circuit assemblé est placé dans l'étuve. Après le nombre spécifié de cycles de stabilisation, le circuit est porté à la température spécifiée, puis à la température inférieure spécifiée et finalement ramené à la température à laquelle on a commencé le cycle. La vitesse de la variation de température doit être d'environ 0,2°C/min et doit être constante pendant toute la durée du cycle. La température et l'inductance doivent être enregistrées simultanément pendant le cycle de mesure à des intervalles ne dépassant pas 1 min. Le temps de commencement de la mesure doit aussi être noté.

Méthode B: Le circuit assemblé est placé dans l'étuve. Après le nombre spécifié de cycles de stabilisation, le circuit est maintenu à la température spécifiée pour la mesure initiale pendant 30 min au moins après que le circuit a atteint l'équilibre thermique, et ensuite le circuit est mesuré (valeur de référence). La température est amenée à une vitesse maximale de 1°C/min à la température inférieure spécifiée et maintenue à cette valeur comme spécifié ci-dessus, puis le circuit est mesuré. La température est alors augmentée à une vitesse maximale de 1°C/min jusqu'à la prochaine température de mesure spécifiée, maintenue à cette valeur comme spécifié ci-dessus, puis le circuit est mesuré.

Ce processus est continué jusqu'à la température de mesure spécifiée la plus haute, puis la température est abaissée à une vitesse maximale de 1°C/min jusqu'à la température de la mesure initiale où la mesure finale est effectuée après une période de température constante comme spécifié ci-dessus.

Méthode C: Le circuit assemblé est placé dans l'étuve et porté à la température de mesure inférieure spécifiée à une vitesse suffisamment basse pour ne pas créer un gradient de température excessif dans le matériau (normalement 1°C/min sera une valeur convenable). La température est maintenue constante pendant un temps suffisant pour permettre au circuit assemblé d'atteindre l'équilibre thermique avec l'atmosphère de l'étuve. Le circuit est alors soumis à un conditionnement magnétique selon le paragraphe 6.3, point 1) avec un courant alternatif décroissant et l'inductance de la bobine est mesurée 10 min après le conditionnement. La température est alors augmentée jusqu'à la prochaine température de mesure spécifiée à la vitesse spécifiée ci-dessus. Le maintien de la température, le conditionnement magnétique et la mesure de l'inductance sont répétés à cette température. On continue ce processus jusqu'à la plus haute température de mesure spécifiée.

Note. – Voir la note du paragraphe 9.2, méthode C.

- 3) Les lectures de l'inductance sont faites conformément au paragraphe 7.4. Le processus de mesure et les conditions d'ambiance, à l'exception de la température, doivent être identiques pour toutes les mesures d'un cycle.

9.7 Calcul

Le coefficient de température α_μ pour chaque valeur mesurée se calcule à partir du quotient de la différence entre la valeur mesurée et la valeur de référence par le produit de la valeur de référence et de la différence des températures correspondante. Dans le cas d'une mesure de l'inductance, le coefficient est calculé à partir de:

$$\alpha_\mu = \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

où:

L_{ref} = inductance de la bobine de mesure à la température de référence θ_{ref} (de préférence 25°C)

L_θ = inductance de la bobine de mesure à la température θ

Method A: The assembled core is placed in the chamber and after the specified number of stabilizing cycles, it is brought to the highest measuring temperature specified, then to the lowest measuring temperature specified and finally back to the temperature at which the cycle was started. The rate of temperature change shall be approximately 0.2°C/min, and constant throughout the cycle. Temperature and inductance shall be recorded simultaneously during the measuring cycle at time intervals not exceeding 1 min. The time of starting the measurement shall also be recorded.

Method B: The assembled core is placed in the chamber and after the specified number of stabilizing cycles, it is kept at the temperature specified for the initial measurement for 30 min at least after temperature equilibrium has been attained, after which a measurement is made (reference value). The temperature is varied at a maximum rate of 1°C/min to the lowest specified measuring temperature and kept constant as specified above, after which a measurement is made. The temperature is then raised at a maximum rate of 1°C/min to the next higher specified measuring temperature and kept constant as specified, after which another measurement is made.

This procedure is continued up to the highest specified measuring temperature, after which the temperature is lowered at a maximum rate of 1°C/min to the temperature for initial measurement, where the final measurement is made after a period of constant temperature as specified above.

Method C: The assembled core is placed in the chamber and brought to the lowest of the specified measuring temperatures at a rate sufficiently low as not to create an excessive temperature gradient in the material (normally, 1°C/min will be a suitable value). The temperature is maintained for a sufficient time to allow the core assembly to reach thermal equilibrium with the atmosphere in the chamber. The core is then magnetically conditioned according to Sub-clause 6.3, Item 1) with a decreasing alternating current through the measuring coil, and the inductance of the measuring coil is measured 10 min after conditioning. The temperature is then raised to the next higher specified measuring temperature at the rate specified above. The maintaining of temperature, magnetic conditioning and inductance measurement are repeated at that temperature. This procedure is continued until the highest measuring temperature specified.

Note. – See note to Sub-clause 9.2, Method C.

- 3) The inductance readings are taken in accordance with Sub-clause 7.4. The measuring procedure and environmental conditions shall be identical throughout the measurement of one cycle, except for the temperature.

9.7 Calculation

The temperature coefficient α_μ for each measurement is calculated from the difference between the measured value and the reference value divided by the reference value and the corresponding temperature difference. In the case of inductance measurements it is calculated from:

$$\alpha_\mu = \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

where:

L_{ref} = self-inductance of measuring coil at reference temperature θ_{ref} (preferably 25°C)
 L_θ = self-inductance of measuring coil at temperature θ

Pour la méthode A, les valeurs sont lues sur la courbe enregistrée.

Notes 1. – Le coefficient de température est utilisé généralement pour calculer les limites de la variation de la perméabilité d'un circuit dans une gamme de températures donnée. On ne peut l'utiliser pour décrire le comportement dans cette gamme de températures que lorsqu'on tient compte des limites de linéarité de la caractéristique de la perméabilité du circuit en fonction de la température.

Il faut remarquer que, à cause de la non-linéarité de cette caractéristique, le coefficient de température peut être différent pour différentes gammes de températures. De plus, la déviation de la ligne droite n'est pas toujours réduite quand on choisit une gamme de températures plus petite.

Quelques méthodes pour exprimer le coefficient de température et la non-linéarité associée sont données dans l'annexe F.

2. – Pour une série de circuits à entrefers différents, coupant les lignes de flux (par exemple circuits en pot), le coefficient de température magnétique, α_μ , peut être calculé à partir du facteur de température α_F du circuit dans lequel le seul entrefer est l'entrefer résiduel des surfaces de contact:

$$\alpha_\mu = \frac{\alpha_F \mu_e}{1 - \alpha_F \mu_e (\theta - \theta_{\text{ref}})} \approx \alpha_F \mu_e$$

où:

μ_e = perméabilité effective à la température de référence θ_{ref} du circuit à entrefer

α_F = facteur de température du circuit sans entrefer dans la gamme de températures de θ_{ref} à θ , calculé à partir des mesures effectuées sur le circuit d'après:

$$\alpha_F = \frac{\mu_0 N^2}{C_1} \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_\theta L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

La formule approximative n'est correcte que lorsque la variation totale de la perméabilité du circuit avec entrefer dans la gamme de températures est suffisamment petite. On peut l'écrire aussi:

$$\alpha_\mu = \frac{C_1}{\mu_0} \alpha_F A_L$$

où:

A_L = inductance spécifique du circuit à entrefer

3. – Le coefficient de température d'une bobine d'inductance peut être totalement différent de celui du circuit puisque d'autres influences sont introduites sur la variabilité, par exemple: par le serrage, par le bobinage.

10. Gamme de réglage de l'inductance

10.1 Objet

Fournir une méthode pour la mesure de la gamme de réglage de l'inductance des noyaux magnétiques avec dispositif de réglage séparé.

10.2 Terminologie

Les définitions suivantes sont applicables pour cette méthode:

- 1) *Dispositif de réglage*: Dispositif permettant le réglage de l'inductance d'une bobine d'inductance ou d'un transformateur accordé par changement de la réluctance du noyau après l'assemblage.
- 2) *Partie fixe (du dispositif de réglage)*: La partie d'un dispositif de réglage attachée mécaniquement au noyau par des moyens tels que, par exemple, le collage.
- 3) *Bâtonnet (de réglage)*: La partie d'un dispositif de réglage qui peut prendre des positions différentes par rapport à l'entrefer du noyau.
- 4) *Gamme de réglage*: La différence d'inductance d'une bobine d'inductance avec le bâtonnet de réglage placé dans les positions maximale et minimale respectivement, exprimée comme un pourcentage de l'inductance de cette bobine sans bâtonnet de réglage.

For Method A, the values are read from the recorded curve.

Notes 1. – The temperature coefficient is commonly used to calculate the limits of change of permeability of a core within a given temperature range. It can only be used to describe the behaviour within the temperature range, when the limits of linearity of the permeability versus temperature characteristic of the core are taken into account.

It should be noted that, because of the non-linearity of this characteristic, the temperature coefficient may be different for different temperature ranges. Further, the deviation from the straight line is not always reduced when a smaller temperature range is chosen.

Some methods of expressing temperature coefficient and non-linearity dependence are given in Appendix F.

2. – For series of cores with different air-gaps cut into the flux path (such as pot cores), the temperature coefficient α_μ may be calculated from the temperature factor α_F of the core in which the only air-gaps in the flux path are the residual air-gaps due to the contact surfaces. The required relation is:

$$\alpha_\mu = \frac{\alpha_F \mu_e}{1 - \alpha_F \mu_e (\theta - \theta_{\text{ref}})} \approx \alpha_F \mu_e$$

where:

μ_e = effective permeability of the core with air-gap at reference temperature θ_{ref}
 α_F = temperature factor of the core without air-gap, over the range θ_{ref} to θ , calculated from measurements on that core according to:

$$\alpha_F = \frac{\mu_0 N^2}{C_1} \frac{L_\theta - L_{\text{ref}}}{L_\theta L_{\text{ref}} (\theta - \theta_{\text{ref}})}$$

The approximate formula holds true when the total variation of permeability of the core with air-gap over the temperature range is sufficiently small. It can also be written

$$\alpha_\mu = \frac{C_1}{\mu_0} \alpha_F A_L$$

where:

A_L = inductance factor of the core with air-gap

3. – The temperature coefficient of an inductor may be totally different from that of the core, since various influences on the variability are introduced, e.g. by the clamping, by the copper winding.

10. Range of inductance adjustment

10.1 Object

To provide a method for the measurement of the range of adjustment of the inductance of magnetic cores having a separate adjusting device.

10.2 Terminology

For the purpose of this method, the following definitions apply:

- 1) *Adjusting device*: A device providing adjustment of the inductance of an inductor or tuned transformer, after its complete assembly, by changing the reluctance of the core.
- 2) *Fixed part (of an adjusting device)*: The part of an adjusting device which is mechanically attached to the core by such means as cement.
- 3) *Adjuster*: The part of an adjusting device which may assume different positions relative to the air-gap of the core.
- 4) *Adjustment range*: The difference in inductance of an inductor when the adjuster is placed in the maximum and minimum position respectively, expressed as a percentage of the inductance of that inductor without adjuster.

- 5) *Limite supérieure [inférieure] de la gamme de réglage*: La différence d'inductance d'une bobine d'inductance avec le bâtonnet de réglage placé dans la position maximale [minimale] et avec le bâtonnet enlevé, exprimée comme un pourcentage de cette dernière inductance:

$$a = \frac{L_{\min} - L_0}{L_0} \cdot 100\% \quad b = \frac{L_{\max} - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

où:

a = limite inférieure avec inductance $L_{\min}$
 b = limite supérieure avec inductance $L_{\max}$
 L_0 = inductance sans bâtonnet de réglage

- 6) *Position maximale [minimale] du bâtonnet de réglage*: Position définie par des exigences mécaniques ou d'autres conditions et qui correspond à la limite supérieure [inférieure] de la gamme de réglage.
- 7) *Réglage du type à vis*: Réglage dans lequel le bâtonnet de réglage se visse dans, ou sur la partie fixe (vis ou écrou).

10.3 Principe de la mesure

L'inductance du noyau sans bâtonnet de réglage est mesurée. Le bâtonnet est alors placé en position minimale et à partir de ce point, l'inductance est mesurée par petites variations, jusqu'à ce que la position maximale soit atteinte. La différence relative d'inductance est portée en fonction du déplacement du bâtonnet.

10.4 Echantillons

Pour la mesure, on doit utiliser des dispositifs de réglage pris dans la production normale, en combinaison avec des noyaux appropriés.

10.5 Procédé de mesure

- 1) Lorsque la partie fixe n'a pas été fixée dans une partie du noyau par le fabricant, cela doit être fait suivant les instructions du fabricant.
- 2) Le noyau est assemblé avec la bobine de mesure conformément au paragraphe 4.3.
- 3) Le bâtonnet de réglage doit être introduit dans le noyau et doit subir deux «allers et retours» dans la gamme de réglage complète. Le bâtonnet est alors enlevé du noyau.

Note. — Un trop grand nombre d'«aller et retour» du bâtonnet peut détériorer la stabilité et devra donc être évité.

- 4) L'inductance est mesurée conformément au paragraphe 7.4.
- 5) Le bâtonnet est introduit dans le noyau et placé dans la position minimale. L'inductance est mesurée conformément au paragraphe 7.4.
- 6) Le bâtonnet est alors successivement déplacé d'une petite distance et chaque fois l'inductance est mesurée jusqu'à ce que la position maximale soit atteinte. Les déplacements doivent être suffisamment petits afin de détecter les irrégularités dans la caractéristique de réglage (voir paragraphe 10.6); par exemple pour un réglage du type à vis, un quart de tour.

10.6 Calcul

La variation d'inductance relative à l'inductance mesurée sans bâtonnet de réglage doit être portée en fonction de la position mécanique (déplacement) du bâtonnet. Pour les réglages du type à vis ce déplacement doit être exprimé en nombre de tours et pour les types à pousser, il doit être exprimé en millimètres.

- 5) *Upper [lower] limit of the adjustment range*: The difference in inductance of an inductor when the adjuster is placed in the maximum [minimum] position and when the adjuster is removed, expressed as a percentage of that latter inductance:

$$a = \frac{L_{\min} - L_0}{L_0} \cdot 100\% \quad b = \frac{L_{\max} - L_0}{L_0} \cdot 100\%$$

where:

a = lower limit with inductance $L_{\min}$
 b = upper limit with inductance $L_{\max}$
 L_0 = inductance when adjuster is removed

- 6) *Maximum [minimum] position of the adjuster*: Position defined by mechanical requirements or other conditions and which corresponds to the upper [lower] limit of the adjustment range.
- 7) *Screw type adjusting device*: Adjusting device in which the adjuster screws into or onto the fixed part (stud or nut).

10.3 Principle of the measurement

The inductance of the core without adjuster is measured. The adjuster is then placed in the minimum position and the inductance measured at small steps of the adjuster until the maximum position has been reached. The relative change of inductance is plotted against the adjuster displacement.

10.4 Specimens

Adjusting devices taken from normal production shall be used for the measurement in combination with appropriate cores.

10.5 Measuring procedure

- 1) If the fixed part has not been attached to one of the core parts by the manufacturer, this shall be done according to the manufacturer's instructions.
- 2) The core is assembled with the measuring coil in accordance with Sub-clause 4.3.
- 3) The adjuster shall be introduced into the core and moved twice through the complete adjustment range and back. The adjuster is then removed from the core.

Note. – Too many movements through the adjustment range may result in deterioration of the stability and should therefore be avoided.

- 4) The inductance is measured in accordance with Sub-clause 7.4.
- 5) The adjuster is introduced into the core and placed in the minimum position. The inductance is measured in accordance with Sub-clause 7.4.
- 6) The adjuster is then successively displaced over a small distance and each time the inductance is measured till the maximum position is reached. The steps shall be small enough to detect irregularities in the adjustment characteristic (see Sub-clause 10.6); for example, for screw type adjusters, $\frac{1}{4}$ turn.

10.6 Calculation

The inductance change relative to the inductance measured with the adjuster removed shall be plotted against the mechanical position (displacement) of the adjuster. For screw type adjusters, the displacement shall be given in number of turns and for push types it shall be given in millimetres.

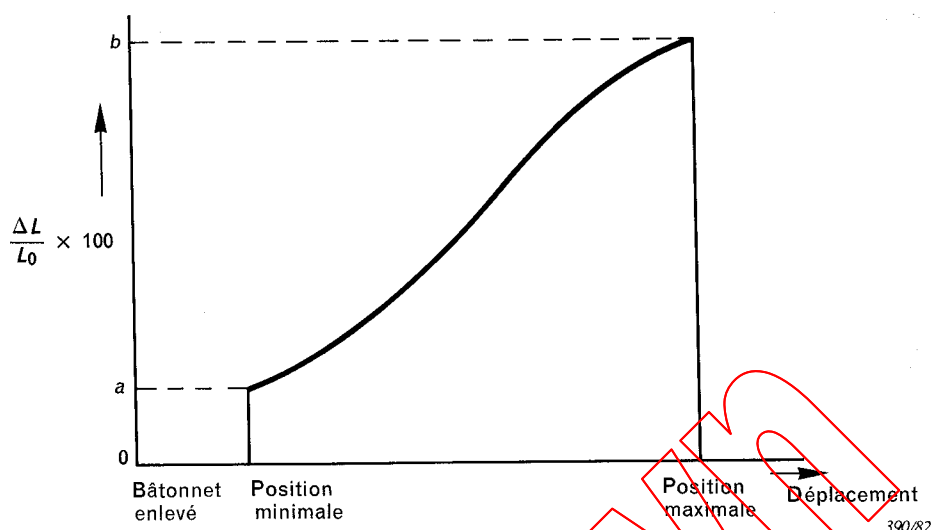


FIGURE 1

Les pentes maximale et minimale de la courbe doivent être notées comme requis.

11. Pertes

11.1 Pertes à faible induction

11.1.1 Objet

Fournir des instructions générales pour la mesure de pertes à la fois pour les noyaux à entrefer et sans entrefer, et établir des méthodes de référence pour l'étalonnage des instruments de mesure de pertes.

11.1.2 Echantillons

Les noyaux utilisés pour les mesures doivent être prélevés dans la production normale.

Pour les noyaux utilisés avec un entrefer, tels que les noyaux en pot pour inductances, les pertes peuvent être mesurées avant la taille de cet entrefer (voir le paragraphe 11.1.4).

11.1.3 Moyens de couplage

Normalement une bobine de mesure sera utilisée mais, en principe, n'importe quelle ligne coaxiale, cavité, ou tout autre dispositif approprié, produisant l'interaction nécessaire entre le matériau magnétique et le signal électromagnétique, peut aussi être utilisé.

Les bobines de mesure sensibles à l'influence de l'humidité seront stockées en atmosphère sèche et les mesures auront lieu de préférence dans les conditions atmosphériques normales pour les essais de référence (voir le paragraphe 3.2).

Des détails complets de la construction de la bobine ou de tout autre dispositif doivent être donnés dans la spécification particulière. La construction doit être basée sur les considérations suivantes:

- a) Des bobines pour les noyaux comprenant plus d'une pièce doivent, autant que possible, être calculées de telle sorte que la fréquence optimale (où Q est maximum) de l'ensemble noyau-bobine

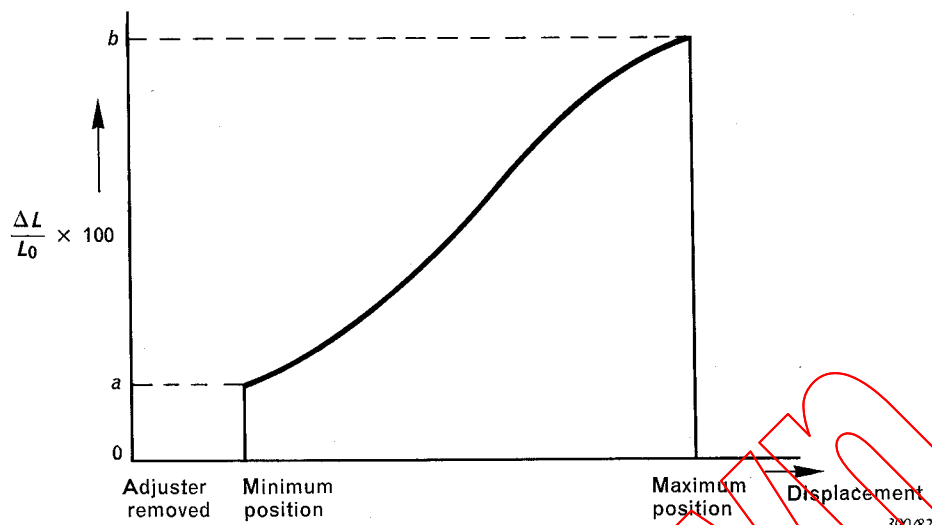


FIGURE 1

The maximum and minimum slopes of the curve shall be noted as required.

11. Losses

11.1 Losses at low flux density

11.1.1 Object

To provide general instructions for the measurement of loss, both in gapped and ungapped cores, and to establish reference methods for the calibration of loss measuring instruments.

11.1.2 Specimens

Cores taken from current production shall be used for the measurement.

For cores which are used with an air-gap in the flux path, such as pot cores for inductors, the loss may be measured before grinding that air-gap (see Sub-clause 11.1.4).

11.1.3 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.

Measuring coils sensitive to the influence of moisture should be stored under dry conditions and measurements should preferably take place under standard atmospheric conditions for referee tests (see Sub-clause 3.2).

Full details of the construction of the coil or other device shall be given in the relevant specification. The construction shall be based on the following considerations:

- a) Coils for cores consisting of more than one part shall, when possible, be designed so that the optimum frequency (where Q is maximum) for the core-coil combination is well below the measur-

soit bien au-dessous de la fréquence de mesure afin que la perte dans la bobine puisse être négligée. Quand cela n'est pas possible, on essaie de maintenir à un niveau aussi faible que possible la perte additionnelle dans le bobinage et la perte diélectrique dans l'isolation de la bobine en utilisant du fil multibrins, un petit nombre de spires et/ou des carcasses subdivisées de telle sorte que les résultats de mesure ne seront corrigés que de la perte ohmique dans la bobine.

Si la correction de la perte dans la bobine conduisait à une imprécision inacceptable, des bobines étalons devraient être utilisées et les pertes combinées de la bobine et du noyau devraient être spécifiées (voir le paragraphe 5.1, point 2)). Pour la mesure sur les noyaux à Q élevé, tels que les noyaux à entrefer, des bobines étalons seront échangées entre les parties effectuant des mesures sur les mêmes noyaux.

- b) Les spires bobinées sur des tores doivent être régulièrement réparties. Il est préférable d'utiliser du fil de cuivre massif isolé qui couvrira complètement le tore.

Note. – Du fil de cuivre massif est recommandé à cause du risque de cassure des brins du fil multibrin quand on bobine un tore. Pour des mesures à haute fréquence, cependant, le fil multibrin peut être nécessaire.

- c) Dans tous les cas, la capacité répartie de la bobine sur le noyau sera de préférence inférieure à 2 % de la capacité de résonance pour éviter à la fois des pertes diélectriques excessives et une correction de l'inductance mesurée (lorsque cette dernière mesure est exigée).

11.1.4 *Mesure de la perte résiduelle et de la perte par courant de Foucault*

Tout appareil de mesure approprié peut être utilisé à condition que la précision soit compatible avec la limite de perte spécifiée. Il doit aussi permettre le réglage de l'induction dans le noyau à la valeur spécifiée. L'induction pendant les mesures doit être spécifiée. Quand aucune valeur de l'induction n'est spécifiée, sa valeur pendant les mesures doit être égale ou inférieure à la valeur spécifiée pour la mesure d'inductance sur le même noyau, selon l'article 7. La ou les fréquences de mesure doivent être celles qui sont indiquées dans la spécification applicable.

Les corrections des pertes dans la bobine ou de la perte dans le condensateur d'accord, ou des deux à la fois, peuvent être exigées. La méthode suivante est recommandée pour la correction de la perte dans la bobine:

Mesurer la résistance série et l'inductance série de la bobine avec noyau et soustraire la résistance équivalente de la bobine, c'est-à-dire la résistance ohmique de la bobine augmentée de l'équivalence des pertes additionnelles estimées dans la bobine à la fréquence de mesure (voir le paragraphe 11.1.3 a)). Enfin, effectuer, si besoin est, la transformation en résistance parallèle, facteur de qualité ou autres grandeurs dans lesquelles la perte du noyau doit être exprimée.

Quand le facteur de pertes est mesuré avant l'usinage de l'entrefer (voir le paragraphe 5.1, méthode 1), la perte dans un noyau avec entrefer peut être calculée à partir de:

$$(\operatorname{tg} \delta)_e = \left(\frac{\operatorname{tg} \delta}{\mu_i} \right) \times \mu_e$$

où:

$(\operatorname{tg} \delta)_e$ = tangente de l'angle de pertes dans le noyau à entrefer de perméabilité effective μ_e

$\left(\frac{\operatorname{tg} \delta}{\mu_i} \right)$ = facteur de pertes sur le noyau (ou sur un noyau du même lot ou de la même série) avant usinage de l'entrefer

11.1.5 *Mesure de la perte par hystérésis*

Tout appareil de mesure convenable peut être utilisé s'il permet de déterminer avec la précision exigée la variation des pertes dans le noyau en fonction de l'amplitude. La valeur de la perte par hystérésis doit être calculée à partir des mesures de pertes aux deux valeurs de tension de crête indiquées dans la spécification applicable (le nombre de spires de la bobine d'essais étant aussi spéci-

ing frequency, so that the coil loss can be neglected. Where the above is not possible, an attempt should be made to keep the additional winding loss and the dielectric loss in the coil insulation as low as possible by using stranded wire, a low number of turns and/or subdivided coils, so that measuring results need only be corrected for the d.c. resistance loss of the coil.

Where correction for coil loss would result in an unacceptable inaccuracy, standard coils shall be used and the combined loss of core and coil shall be specified (see Sub-clause 5.1, Item 2)). For measurement on high- Q cores, such as gapped cores, the standard coils should be exchanged between parties making measurements on the same cores.

- b) Coils wound on toroids shall be evenly distributed. It is preferable that insulated solid copper wire be used and that it completely covers the toroid.

Note. – Solid copper wire is recommended because of the risk of breaking of wire strands when winding a toroid. For measurements at high frequencies, however, stranded wire may be necessary.

- c) In all cases, the self-capacitance of the coil on the core should preferably be less than 2% of the resonating capacitance to avoid both excessive dielectric loss and correction of the measured inductance (where measurement of the latter is required).

11.1.4 *Measurement of residual and eddy current loss*

Any suitable measuring apparatus may be used, provided the accuracy is compatible with the specified loss limit. It shall also allow the flux density in the core to be adjusted to the specified value. The flux density during measurement shall be stated. When no value of the flux density is specified, its value during measurement shall be equal to or lower than the value specified for the measurement of inductance on the same core according to Clause 7. The measuring frequency or frequencies shall be as specified in the relevant specification.

Corrections for coil loss or loss in the tuning capacitor or both may be required. The following method is recommended for the correction of the coil loss:

Measure the series resistance and inductance of the coil with core and subtract the equivalent resistance of the coil, i.e. the measured d.c. resistance of the coil increased by the equivalence of the estimated additional coil loss at the measuring frequency (see Sub-clause 11.1.3 a)). Finally, if necessary, convert the result to parallel resistance, quality factor or other quantity in which the core loss has to be expressed.

When the loss factor is measured before the grinding of the air-gap (see Sub-clause 5.1, Method 1), the loss in a core with air-gap can be calculated from:

$$(\tan \delta)_e = \left(\frac{\tan \delta}{\mu_i} \right) \times \mu_e$$

where:

$(\tan \delta)_e$ = tangent of loss angle in the gapped core with effective permeability μ_e

$\left(\frac{\tan \delta}{\mu_i} \right)$ = loss factor measured on the core (or on a core of the same lot or series) before the grinding of the air-gap

11.1.5 *Measurement of the hysteresis loss*

Any suitable measuring apparatus may be used which allows the variation of the core loss with amplitude to be determined with the required accuracy. The value of the hysteresis loss shall be derived from loss measurements at the two values of the peak voltage specified in the relevant specification (the number of turns of the test coil also being specified), which shall be so chosen that the peak effective

fié), qui doivent être choisies de telle façon que l'induction effective de crête dans le noyau ne dépasse par 5 mT. Si c'est nécessaire, l'inductance de la bobine de mesure avec son noyau doit être mesurée à la valeur de la tension la plus faible.

La ou les fréquences de mesure doivent être celles qui sont indiquées dans la spécification applicable.

La perte par hystérésis doit être calculée sur la base de la proportionnalité du rapport de la différence des pertes mesurées à la différence de tension de crête appliquée. La correction pour les pertes dans la bobine n'est pas normalement exigée.

Par exemple:

- 1) Pour les noyaux de perméabilité effective donnée, mesures en série:

$$\operatorname{tg} \delta_h = \frac{\hat{U} \Delta R_s}{\omega L_s \Delta \hat{U}}$$

où:

$\operatorname{tg} \delta_h$ = tangente de l'angle de pertes due à la perte par hystérésis
 $\hat{U}$ = valeur de crête de la plus forte des deux tensions de mesure appliquées
 ΔR_s = différence mesurée dans les résistances séries
 $\Delta \hat{U}$ = différence dans les tensions de crête appliquées
 L_s = inductance série de la bobine sur le noyau à la plus faible des deux tensions de mesure appliquées

- 2) Pour les matériaux et pour les noyaux qui peuvent avoir des entrefers différents, mesures en parallèle:

$$\eta_B = \frac{\omega^2 N^2 \mu_0}{C_2} \cdot \frac{\Delta G_p}{\Delta \hat{U}}$$

où:

η_B = constante hystérétique du matériau
 ΔG_p = différence mesurée en conductance parallèle
 $\Delta \hat{U}$ = différence dans les tensions de crête appliquées

Notes 1. – Pour une explication plus détaillée des symboles, voir l'article 2.

2. – Lorsqu'on suppose que η_B est une constante du matériau indépendante de μ_e et de $\hat{B}$, il s'ensuit que $\operatorname{tg} \delta_h$ pour un noyau de μ_e donné est proportionnelle à $\hat{B}$ puisque $\operatorname{tg} \delta_h = \eta_B \cdot \mu_e \cdot \hat{B}$.

11.1.6 Méthodes de référence

Pour la mesure de pertes sur des noyaux avec entrefer présentant des facteurs de qualité élevés et sur des noyaux en tore ou sans entrefer présentant des facteurs de qualité modérés, l'appareil de mesure doit être étalonné au moyen d'une méthode de référence.

Deux méthodes de référence sont recommandées: une méthode d'oscillation amortie (voir l'annexe G) et une méthode de transmission (voir l'annexe H).

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.

flux density in the core does not exceed 5 mT. When necessary, the inductance of the measuring coil with core shall be measured at the lower voltage value.

The measuring frequency or frequencies shall be as specified in the relevant specification.

The hysteresis loss shall be calculated on the basis of its proportionality to the ratio of the measured loss difference to the applied peak voltage difference. Correction for coil loss is not normally required.

For example:

- 1) For cores with given effective permeability, series measurement:

$$\tan \delta_h = \frac{\hat{U} \Delta R_s}{\omega L_s \Delta \hat{U}}$$

where:

$\tan \delta_h$ = tangent of the loss angle due to hysteresis loss
 $\hat{U}$ = higher applied measuring peak voltage
 ΔR_s = measured difference in series resistance
 $\Delta \hat{U}$ = difference in applied measuring peak voltage
 L_s = series inductance of the coil on the core at lower applied measuring voltage

- 2) For materials and for cores which may have different air-gaps, parallel measurement:

$$\eta_B = \frac{\omega^2 N^3 \mu_e}{C_2} \cdot \frac{\Delta G_p}{\Delta \hat{U}}$$

where:

η_B = hysteresis material constant
 ΔG_p = measured difference in parallel conductance
 $\Delta \hat{U}$ = difference in applied measuring peak voltage

Notes 1. – For an explanation of further symbols, see Clause 2.

2. – If it is assumed that η_B as a material constant is independent of μ_e and $\hat{B}$, then it follows that $\tan \delta_h$ for a core with given μ_e is proportional to $\hat{B}$ since $\tan \delta_h = \eta_B \cdot \mu_e \cdot \hat{B}$.

11.1.6 Reference methods

For loss measurements on gapped cores with high quality factor and on ungapped or toroidal cores with moderate quality factor, the measuring apparatus shall be calibrated by means of a reference method.

Two reference methods are recommended: a damped oscillation method (see Appendix G) and a transmission method (see Appendix H).

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.