

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 218**

Première édition — First edition

1966

---

**Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs accordés et bobines d'inductance destinés aux télécommunications**

---

**Guide for the drafting of performance specifications for cores of tuned transformers and inductors of ferromagnetic oxides for telecommunication**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60278:1966

# Withdrawn

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

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

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 218**

Première édition — First edition

1966

---

**Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs accordés et bobines d'inductance destinés aux télécommunications**

---

**Guide for the drafting of performance specifications for cores of tuned transformers and inductors of ferromagnetic oxides for telecommunication**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

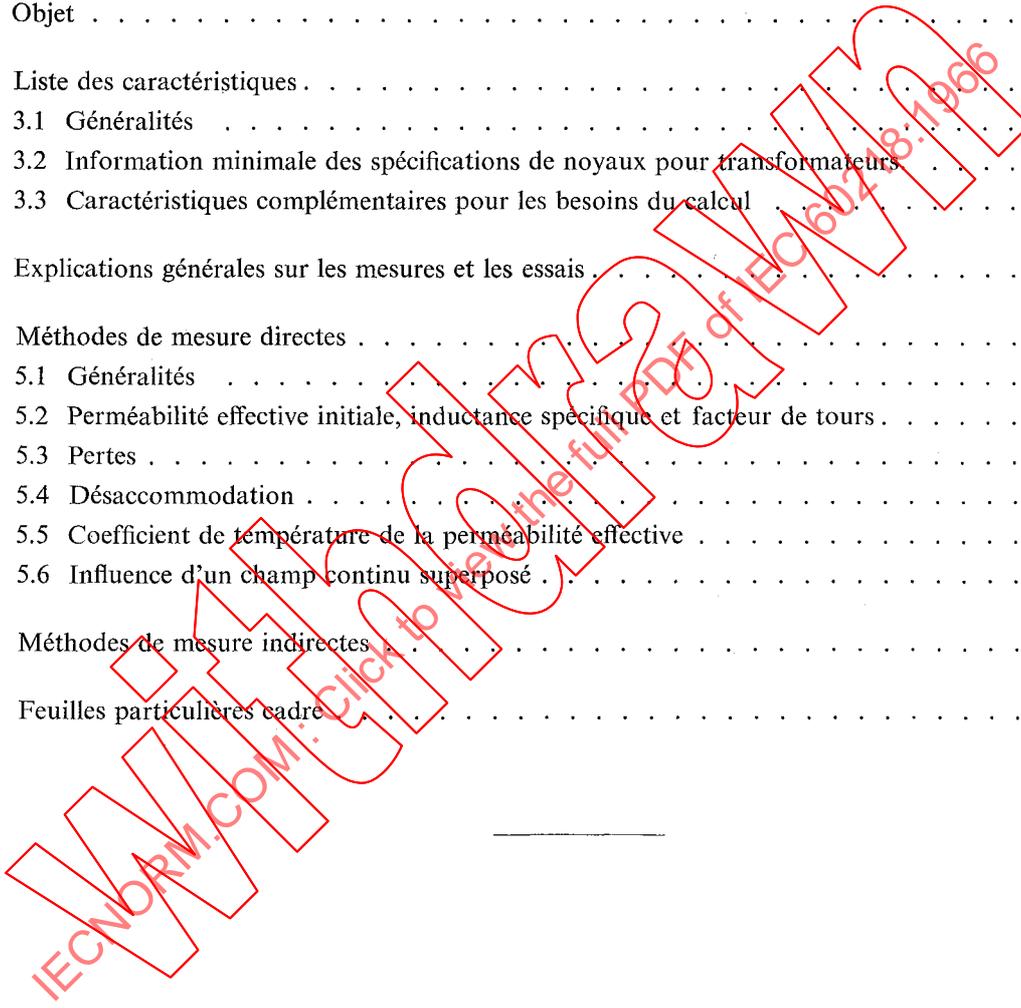
Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

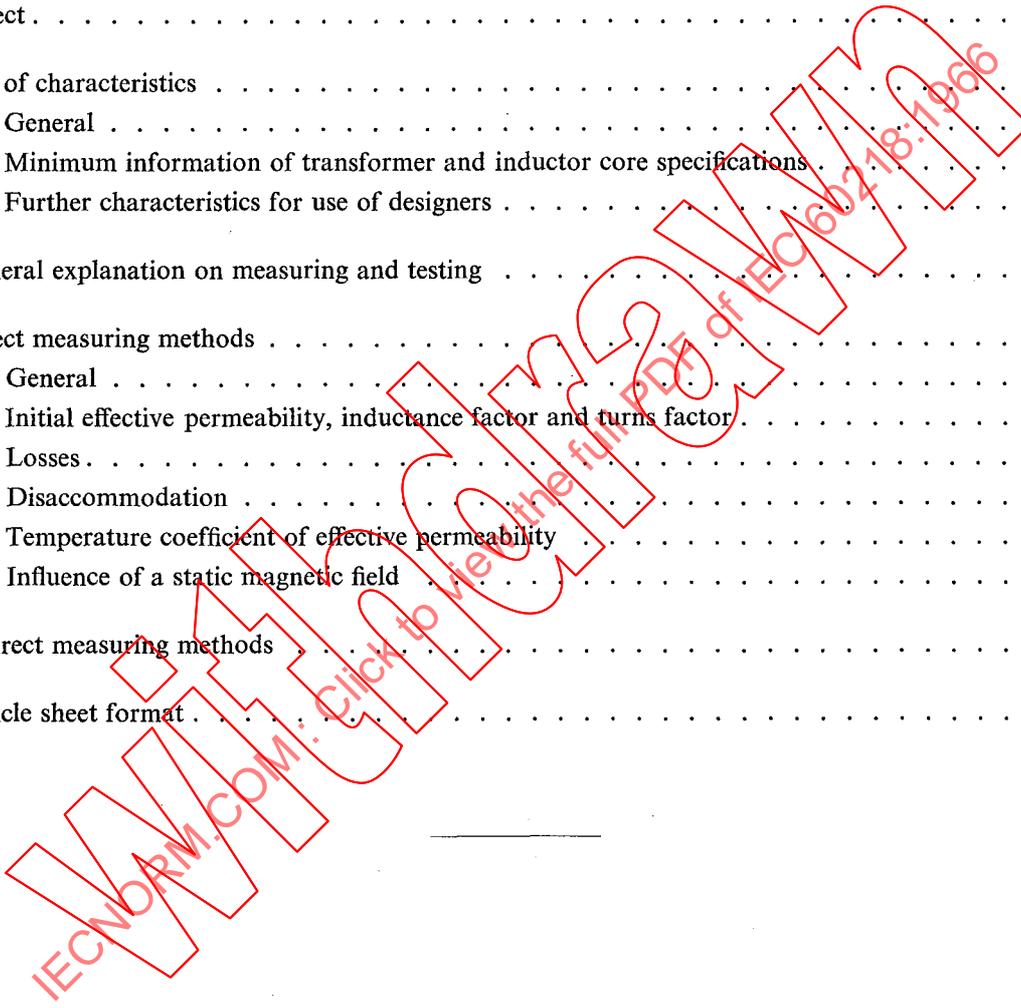
## SOMMAIRE

|  | Pages |
|--|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .  | 4     |
| PRÉFACE . . . . .  | 4     |
| Articles   |       |
| 1. Domaine d'application . . . . .   | 8     |
| 2. Objet . . . . .   | 8     |
| 3. Liste des caractéristiques . . . . .  | 8     |
| 3.1 Généralités . . . . .  | 8     |
| 3.2 Information minimale des spécifications de noyaux pour transformateurs . . . . .     | 10    |
| 3.3 Caractéristiques complémentaires pour les besoins du calcul . . . . .                | 12    |
| 4. Explications générales sur les mesures et les essais . . . . .                        | 14    |
| 5. Méthodes de mesure directes . . . . .   | 16    |
| 5.1 Généralités . . . . .  | 16    |
| 5.2 Perméabilité effective initiale, inductance spécifique et facteur de tours . . . . . | 18    |
| 5.3 Pertes . . . . .   | 20    |
| 5.4 Désaccommodation . . . . .   | 22    |
| 5.5 Coefficient de température de la perméabilité effective . . . . .                    | 22    |
| 5.6 Influence d'un champ continu superposé . . . . .                                     | 24    |
| 6. Méthodes de mesure indirectes . . . . .   | 24    |
| 7. Feuilles particulières cadre . . . . .  | 24    |



## CONTENTS

|   | Page |
|---|------|
| FOREWORD . . . . .  | 5    |
| PREFACE . . . . .   | 5    |
| Clause  |      |
| 1. Scope . . . . .  | 9    |
| 2. Object . . . . .   | 9    |
| 3. List of characteristics . . . . .  | 9    |
| 3.1 General . . . . .   | 9    |
| 3.2 Minimum information of transformer and inductor core specifications . . . . . | 11   |
| 3.3 Further characteristics for use of designers . . . . .                        | 13   |
| 4. General explanation on measuring and testing . . . . .                         | 15   |
| 5. Direct measuring methods . . . . .   | 17   |
| 5.1 General . . . . .   | 17   |
| 5.2 Initial effective permeability, inductance factor and turns factor . . . . .  | 19   |
| 5.3 Losses . . . . .  | 21   |
| 5.4 Disaccommodation . . . . .  | 23   |
| 5.5 Temperature coefficient of effective permeability . . . . .                   | 23   |
| 5.6 Influence of a static magnetic field . . . . .                                | 25   |
| 6. Indirect measuring methods . . . . .   | 25   |
| 7. Article sheet format . . . . .   | 25   |



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DIRECTIVES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES SPÉCIFICATIONS  
DES NOYAUX EN OXYDES FERROMAGNÉTIQUES  
POUR TRANSFORMATEURS ACCORDÉS ET BOBINES D'INDUCTANCE  
DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 51 de la CEI : Matériaux ferromagnétiques.

Un premier projet a été préparé par le Comité national du Royaume-Uni et le sujet a été discuté au cours des réunions tenues à Ulm en 1959 et à Interlaken en 1961. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1962.

Les observations formulées par les Comités nationaux ont été examinées au cours des réunions tenues à Nice en 1962 et à Aix-les-Bains en 1964. Des modifications furent soumises alors à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en février 1965. Une autre discussion eut lieu pendant la réunion tenue à Baden-Baden en 1965, à la suite de laquelle un petit amendement fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en novembre 1965.

Originellement, cette recommandation avait la forme d'une spécification générale à laquelle une spécification particulière pourrait faire référence. Il apparut impossible, cependant, dans les présentes conditions techniques, d'établir les méthodes de mesure dans les détails nécessaires pour l'utilisation directe dans le laboratoire. D'autre part, les accords obtenus furent considérés d'importance suffisante pour justifier la publication de cette recommandation comme directive pour l'établissement de la spécification d'un noyau donné.

Cette directive contient principalement les listes des caractéristiques essentielles et des règles générales pour les méthodes de mesure associées. Ces dernières permettront à l'ingénieur qualifié d'établir la spécification de mesure complète applicable à un noyau donné dans un laboratoire donné.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR THE DRAFTING OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS  
FOR CORES OF TUNED TRANSFORMERS AND INDUCTORS  
OF FERROMAGNETIC OXIDES FOR TELECOMMUNICATION**

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

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No.51, Ferromagnetic Materials.

A first draft was prepared by the United Kingdom National Committee and the subject was discussed at meetings held in Ulm in 1959 and in Interlaken in 1961. As a result of the latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1962.

The comments received were discussed at the meetings held in Nice in 1962 and in Aix-les-Bains in 1964. Amendments were then submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1965. A further discussion took place at the meeting held in Baden-Baden in 1965, as a result of which a small amendment was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in November 1965.

In the original set-up, this Recommendation had the character of a general specification to which article sheets might refer. It appeared, however, impossible at the present stage to lay down the measuring methods in such detail as would be required for direct use in the laboratory. On the other hand, the agreements reached were found to be of sufficient importance to justify publication as a guide for drafting the specification of a given core.

This guide mainly contains lists of essential characteristics and general rules for the associated measuring methods. These latter will allow a qualified engineer to draft the complete measurement specification applicable to a given core in a given laboratory.

La publication sera complétée dès que possible par un chapitre sur la feuille particulière cadre. Les méthodes de mesure feront l'objet d'études futures détaillées.

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

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Afrique du Sud        | Japon   |
| Allemagne             | Pays-Bas                                      |
| Australie             | Roumanie                                      |
| Autriche              | Royaume-Uni                                   |
| Belgique              | Suède   |
| Canada                | Suisse  |
| Danemark              | Tchécoslovaquie                               |
| Etats-Unis d'Amérique | Turquie                                       |
| Finlande              | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |
| France                | Yougoslavie                                   |
| Italie                |   |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60278:1966

Withdrawn

The Publication will be completed as soon as possible with a chapter on article sheet format. The measuring method forms the subject of detailed further study.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Australia      | Netherlands                         |
| Austria        | Romania                             |
| Belgium        | South Africa                        |
| Canada         | Sweden                              |
| Czechoslovakia | Switzerland                         |
| Denmark        | Turkey                              |
| Finland        | Union of Soviet Socialist Republics |
| France         | United Kingdom                      |
| Germany        | United States of America            |
| Italy          | Yugoslavia                          |
| Japan          |                                     |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60278:1966

Withdrawn

# DIRECTIVES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES SPÉCIFICATIONS DES NOYAUX EN OXYDES FERROMAGNÉTIQUES POUR TRANSFORMATEURS ACCORDÉS ET BOBINES D'INDUCTANCE DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

## 1. Domaine d'application

Ces directives s'appliquent aux noyaux en oxydes ferromagnétiques sans entrefer ou avec un entrefer relativement petit, pour transformateurs et bobines d'inductance dont la réactance constitue une partie d'un circuit oscillant, destinés à être utilisés dans le matériel de télécommunications et dans les dispositifs électroniques basés sur des techniques analogues.

*Note.* — Le domaine d'application est limité aux formes géométriques pour lesquelles les caractéristiques, indiquées à l'article 3, ont une signification quand on les mesure suivant ces directives. Cela n'est pas le cas, par exemple, pour des petits bâtonnets utilisés comme noyaux dans les bobines d'inductance pour radiofréquence.

## 2. Objet

Etablir des règles uniformes pour spécifier les propriétés de noyaux qui peuvent avoir de l'importance pour les applications les plus courantes de ces noyaux, y compris les règles fondamentales pour les méthodes de mesure permettant de vérifier ces propriétés. Il est prévu de les utiliser comme base pour les spécifications ou feuilles particulières concernant les caractéristiques énumérées pour les noyaux entrant dans le domaine de ces directives.

*Notes 1.* — Des données sur quelques-unes ou toutes les caractéristiques indiquées dans l'article 3 peuvent être requises.

2. — La bobine doit être spécifiée avec suffisamment de détails pour permettre d'arriver à un accord sur la valeur des caractéristiques, les valeurs mesurées pour ces caractéristiques dépendant de la forme et de la position de la bobine de mesure.

3. — Les pertes mentionnées dans cette recommandation se rapportent seulement aux pertes dans les noyaux.

4. — Dans un but de simplification, les formules contenues dans cette recommandation sont données uniquement pour les unités de base SI, même si, en pratique, on utilisera seulement des multiples et sous-multiples. Ainsi, pour les spécifications ou feuilles particulières, les coefficients du noyau  $C_1$  et  $C_2$  sont donnés en  $\text{mm}^{-1}$  et  $\text{mm}^{-3}$  respectivement. Normalement on emploiera les multiples et sous-multiples suivants pour d'autres unités:

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| kHz                | pour la fréquence            |
| mH                 | pour l'inductance            |
| nH                 | pour l'inductance spécifique |
| $\text{mH}^{-1/2}$ | pour le facteur de tours     |
| mT                 | pour l'induction             |
| mA                 | pour le courant.             |

## 3. Liste des caractéristiques

### 3.1 Généralités

#### 3.1.1 Subdivision

La liste des caractéristiques est répartie en deux paragraphes différents répondant aux préoccupations principales suivantes:

- indiquer l'information minimale sur les caractéristiques de fonctionnement requises dans les spécifications des noyaux pour transformateurs et bobines d'inductance (paragraphe 3.2);
- donner des recommandations concernant les renseignements complémentaires que le fabricant doit fournir pour les besoins des avant-projets (paragraphe 3.3).

# GUIDE FOR THE DRAFTING OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS FOR CORES OF TUNED TRANSFORMERS AND INDUCTORS OF FERROMAGNETIC OXIDES FOR TELECOMMUNICATION

## 1. Scope

This guide applies to ferromagnetic oxide cores without air gap or with relatively small air gap, for transformers and inductors in which the reactance forms part of a resonant circuit, for use in telecommunication equipment and electronic devices employing similar techniques.

*Note.* — The scope is restricted to those geometries for which the characteristics listed in Clause 3 are significant when measured in accordance with this guide. This will not be the case, for example, for short rods used as cores in r.f. inductors.

## 2. Object

To establish uniform rules for specifying the core properties which may be of importance for the most common applications of these cores, including basic rules for the measuring methods, which should be used to verify these properties. It is intended that these will serve as the basis for specifications or article sheets covering the characteristics listed and applying to cores coming within the scope of this Guide.

*Notes 1.* — Data on any, or all, of the characteristics listed under Clause 3 may be required.

2. — Since the values measured for certain characteristics depend upon the shape and position of the measuring coil, this coil must be specified in sufficient detail before agreement can be reached on the value of such characteristics.
3. — The losses as mentioned in this Recommendation refer to core losses only.
4. — For the sake of simplicity, the equations in this Recommendation are given for basic SI units only, even though multiples and sub-multiples will always be used in practice. Thus, in specifications or article sheets, the core factors  $C_1$  and  $C_2$  will be given in  $\text{mm}^{-1}$  and  $\text{mm}^{-3}$  respectively. Normally, the following multiples and sub-multiples will be used for other units:

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| kHz (kc/s)         | for frequency         |
| mH                 | for inductance        |
| nH                 | for inductance factor |
| $\text{mH}^{-1/2}$ | for the turns factor  |
| mT                 | for the flux density  |
| mA                 | for the current.      |

## 3. List of characteristics

### 3.1 General

#### 3.1.1 Sub-division

The list of characteristics is divided into two different clauses serving the following main purposes:

- to state the minimum information on performance characteristics required in specifications for transformer and inductor cores (Sub-clause 3.2);
- to give recommendations for further information to be supplied by the manufacturer for the use of designers (Sub-clause 3.3).

### 3.1.2 Gamme de températures de fonctionnement

La gamme de températures de fonctionnement à l'intérieur de laquelle les caractéristiques magnétiques s'appliquent doit être indiquée en degrés Celsius.

### 3.1.3 Termes et définitions

Pour les définitions des termes employés dans ces directives, voir :

1. Publication 50 de la CEI : Vocabulaire Electrotechnique International.
2. Publication 125 de la CEI : Classification générale des matériaux en oxydes ferromagnétiques et définition des termes.

### 3.1.4 Fréquences normalisées

Au cas où les fréquences sur lesquelles les caractéristiques sont spécifiées ne sont pas dictées par l'application ou toute autre raison, il est recommandé de les choisir dans la série :

$$1 - 3 - 10 - \text{etc.} \quad \text{kHz.}$$

## 3.2 Information minimale des spécifications de noyaux pour transformateurs

### 3.2.1 Perméabilité effective initiale, inductance spécifique, facteur de tours

La valeur nominale et la tolérance de la perméabilité effective initiale  $\mu_e$  ou de l'inductance spécifique initiale  $A_L$  ou du facteur de tours initial  $\alpha$  doivent être données pour 20 °C et pour une fréquence spécifiée.

*Note.* — La relation entre l'inductance spécifique et le facteur de tours est la suivante :

$$A_L = \frac{L}{N^2} \quad \alpha = \frac{N}{\sqrt{L}} \quad A_L = \frac{1}{\alpha^2}$$

$A_L$  = inductance spécifique  
 $\alpha$  = facteur de tours  
 $N$  = nombre de spires  
 $L$  = inductance.

### 3.2.2 Pertes par courants de Foucault et pertes résiduelles

La valeur maximale des pertes par unité de perméabilité due aux pertes par courants de Foucault et pertes résiduelles dans le noyau :

$$\frac{\text{tg } \delta_{e+r}}{\mu_e}$$

doit être donnée à 20 °C et pour une ou deux fréquences convenables, fonction de la gamme de fréquence choisies de préférence parmi les fréquences normalisées (paragraphe 3.1.4)

$\text{tg } \delta_{e+r}$  = tangente de l'angle de pertes due aux pertes par courants de Foucault et pertes résiduelles dans le noyau

$\mu_e$  = perméabilité effective.

*Notes 1.* — Les pertes par courants de Foucault et les pertes résiduelles sont supposées identiques aux pertes totales dans le noyau aux valeurs faibles d'induction ou extrapolées à celles-ci.

2. — Le produit de la perméabilité effective par le facteur de qualité correspondant aux pertes par courants de Foucault et aux pertes résiduelles,  $\mu_e Q$ , peut être indiqué à la place de  $\frac{\text{tg } \delta}{\mu_e}$  la conversion étant :

$$\frac{\text{tg } \delta}{\mu_e} = \frac{1}{\mu_e Q}$$

$Q$  = facteur de qualité correspondant aux pertes par courants de Foucault et aux pertes résiduelles.

### 3.1.2 *Operating temperature range*

The operating temperature range within which the magnetic data apply shall be stated in Celsius degrees.

### 3.1.3 *Terms and definitions*

For the definitions of the terms used in this guide see:

1. IEC Publication 50, International Electrotechnical Vocabulary.
2. IEC Publication 125, General Classification of Ferromagnetic Oxide Materials and Definition of Terms.

### 3.1.4 *Standard frequencies*

In those cases where the frequencies at which the characteristics to be specified are not dictated by the application or any other reason, it is recommended that they be chosen from the series:

1 – 3 – 10 – etc. kHz (kc/s).

## 3.2 *Minimum information of transformer and inductor core specifications*

### 3.2.1 *Initial effective permeability, inductance factor, turns factor*

The nominal value and tolerance of the initial effective permeability  $\mu_e$  or initial inductance factor  $A_L$  or initial turns factor  $a$  shall be stated at 20 °C and at a specified frequency.

*Note.* — Conversion between inductance factor and turns factor:

$$A_L = \frac{L}{N^2} \quad a = \frac{N}{\sqrt{L}} \quad A_L = \frac{1}{a^2}$$

$A_L$  = inductance factor

$a$  = turns factor

$N$  = number of turns of the measuring coil

$L$  = self-inductance.

### 3.2.2 *Eddy current and residual losses*

The maximum value of the losses per unit permeability due to eddy current and residual losses in the core:

$$\frac{\tan \delta_{e+r}}{\mu_e}$$

shall be stated at 20 °C and at two or more convenient frequencies, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 3.1.4) depending on the frequency range of the core.

$\tan \delta_{e+r}$  = tangent of loss angle due to eddy current and residual losses in the core

$\mu_e$  = effective permeability.

*Notes 1.* — The eddy current and residual losses are assumed to be equal to the total core losses at, or extrapolated to, vanishingly low values of flux density.

*2.* — The product of the effective permeability and the quality factor corresponding to eddy current and residual losses,  $\mu_e Q$ , may be quoted instead of  $\frac{\tan \delta}{\mu_e}$ , the conversion being:

$$\frac{\tan \delta}{\mu_e} = \frac{1}{\mu_e Q}$$

$Q$  = quality factor corresponding to eddy current and residual losses.

### 3.2.3 Pertes par hystérésis

La valeur maximale de la constante d'hystérésis du noyau  $\eta_i$  ou celle de la tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis  $\text{tg } \delta_h$  doit être donnée pour une température de 20 °C et pour une basse fréquence convenable, fonction de la gamme de fréquences du noyau, choisie de préférence parmi les fréquences normalisées (paragraphe 3.1.4).

Notes 1. — Conversion entre  $\eta_i$  et  $\text{tg } \delta_h$ :

$$\eta_i = \frac{\text{tg } \delta_h}{i\sqrt{L}}$$

$\eta_i$  = coefficient d'hystérésis du noyau

$\text{tg } \delta_h$  = tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis seulement

$i$  = valeur de crête du courant passant dans la bobine de mesure

$L$  = inductance de la bobine de mesure avec le noyau.

2. — Pour les inductions bien au-dessous du point de saturation, il y a la relation approximative suivante entre les pertes par hystérésis et la distorsion de la tension non-linéaire:

$$\frac{E_3}{E_1} \approx 0,6 \text{ tg } \delta_h$$

$E_1$  = valeur efficace de la tension de la fondamentale mesurée aux bornes de la bobine

$E_3$  = valeur efficace de la tension du troisième harmonique induit dans la bobine de mesure parcourue par un courant sinusoïdal.

### 3.2.4 Désaccommodation

La valeur maximale de la désaccommodation en 24 heures ou celle du facteur de désaccommodation du noyau pour 20 °C doit être donnée.

### 3.2.5 Coefficient de température de la perméabilité effective

La valeur maximale et la valeur minimale du coefficient de température de la perméabilité effective du noyau doivent être données pour une gamme de températures donnée.

## 3.3 Caractéristiques complémentaires pour les besoins du calcul

### 3.3.1 Paramètres dimensionnels

#### 3.3.1.1 Coefficients du noyau

Les coefficients du noyau doivent être calculés conformément à la Publication 205 de la CEI: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques\*.

Les coefficients du noyau sont définis par:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad C_2 = \sum \frac{l}{A_2} \text{ mm}^{-3}.$$

#### 3.3.1.2 Dimensions effectives

Surface effective:  $A_e = \frac{C_1}{C_2}.$

Longueur effective:  $l_e = \frac{C_1^2}{C_2}.$

Volume effectif:  $V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}.$

\* Quelquefois on utilise le facteur de perméance  $c = \frac{\mu_0}{C_1}.$

### 3.2.3 Hysteresis losses

The maximum value of the hysteresis core constant  $\eta_1$  or the tangent of the loss angle due to hysteresis  $\tan \delta_h$  shall be stated at 20 °C and at a convenient low frequency, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 3.1.4) depending on the frequency range of the core.

Notes 1. — Conversion between  $\eta_1$  and  $\tan \delta_h$ :

$$\eta_1 = \frac{\tan \delta_h}{i \sqrt{L}}$$

$\eta_1$  = hysteresis core constant

$\tan \delta_h$  = tangent of loss angle due to hysteresis only

$i$  = peak value of the current passed through the measuring coil

$L$  = self-inductance of the measuring coil placed on the core.

2. — For flux densities well below saturation, the following approximate relation exists between the hysteresis losses and non-linear voltage distortion:

$$\frac{E_3}{E_1} \approx 0.6 \tan \delta_h$$

$E_1$  = r.m.s. value of the fundamental voltage measured at the measuring coil

$E_3$  = r.m.s. value of the third harmonic voltage induced in the measuring coil at sinusoidal current through that coil.

### 3.2.4 Disaccommodation

The maximum value of the disaccommodation over 24 hours or of the disaccommodation factor of the core at 20 °C shall be stated.

### 3.2.5 Temperature coefficient of effective permeability

The maximum and minimum value of the temperature coefficient of effective permeability of the core shall be stated over a specified temperature range.

## 3.3 Further characteristics for use of designers

### 3.3.1 Dimensional parameters

#### 3.3.1.1 Core factors

The core factors shall be calculated in accordance with IEC Publication 205, Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts\*.

The core factors are defined by:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad C_2 = \sum \frac{l}{A_2} \text{ mm}^{-3}.$$

#### 3.3.1.2 Effective dimensions

Effective area:

$$A_e = \frac{C_1}{C_2}.$$

Effective length:

$$l_e = \frac{C_1^2}{C_2}.$$

Effective volume:

$$V_e = \frac{C_1^3}{C_2^2}.$$

\* Sometimes the permeance factor  $c = \frac{\mu_0}{C_1}$  is used.

### 3.3.2 *Influence d'un champ magnétique continu*

Les forces magnétomotrices en courant continu qui réduisent l'inductance spécifique correspondant à la perméabilité réversible à 90% et 70% de l'inductance spécifique initiale doivent être données pour une température de 20 °C et pour différentes valeurs de la fréquence. S'il n'en est pas ainsi, on donnera des courbes représentant la variation de l'inductance spécifique en fonction de la force magnétomotrice en courant continu pour différentes valeurs de la fréquence.

### 3.3.3 *Pertes totales*

Les pertes totales du noyau doivent être présentées dans une forme graphique en fonction de la fréquence, l'induction étant prise comme paramètre.

La forme géométrique de la bobine doit être indiquée.

*Note.* — Voir la note 3 de l'article 2.

## 4. **Explications générales sur les mesures et les essais**

### 4.1 *Méthodes de mesure directes*

Les méthodes de mesure directes permettent de mesurer directement les caractéristiques des noyaux et il convient par suite de les utiliser, comme c'est le cas pour des essais de type, pour comparer des noyaux différents obtenus à partir d'oxydes ferromagnétiques différents par des fabricants différents.

### 4.2 *Méthodes de mesure indirectes*

Les méthodes de mesure indirectes permettent seulement de comparer des noyaux de même construction et de même matériau, obtenus par le même fabricant. Leur emploi est donc restreint au cas où la corrélation avec les méthodes de mesure directes a été établie. Après accord entre le fabricant et l'acheteur, elles peuvent être utilisées pour des essais de contrôle en usine et des essais de réception.

### 4.3 *Type*

Un type comprend les noyaux de conception identique, fabriqués selon les mêmes techniques et dont les caractéristiques sont comprises dans la gamme usuelle du fabricant.

*Notes 1.* — On ne tient pas compte des accessoires de fixation, pour autant qu'ils n'ont pas d'influence sensible sur les résultats des essais.

2. — Les caractéristiques comprennent une combinaison de:

- a) caractéristiques électriques;
- b) dimensions.

3. — Les limites de la gamme des caractéristiques feront l'objet d'un accord entre client et fabricant.

### 4.4 *Essais de type*

Les essais de type d'un noyau sont constitués par l'ensemble des essais à effectuer sur un échantillon appartenant au type spécifié, dans le but de déterminer si un fabricant particulier peut être considéré comme capable de fabriquer des produits satisfaisant à la spécification.

### 4.5 *Approbation de type*

L'approbation de type est la décision prise par l'autorité compétente (le client ou son représentant) suivant laquelle un fabricant donné peut être considéré comme capable de produire, en quantités raisonnables, le type conforme à la spécification correspondante.

### 4.6 *Essais de réception*

Les essais de réception sont les essais effectués pour décider de la réception d'une fourniture, par accord entre le fabricant et le client.

### 3.3.2 *Influence of a static magnetic field*

The d.c. magnetomotive forces which reduce the inductance factor corresponding to the reversible permeability to 90% and 70% of the initial inductance factor shall be stated at 20 °C and for various values of the frequency. Alternatively, curves shall be given showing the inductance factor as a function of d.c. magnetomotive force at various values of the frequency.

### 3.3.3 *Total losses*

The total losses of the core shall be presented in graphical form as a function of the frequency, with the flux density as a parameter.

The coil geometry shall be stated.

*Note.* — See Note 3 of Clause 2.

## 4. **General explanation on measuring and testing**

### 4.1 *Direct measuring methods*

The direct measuring methods allow the measurement of the characteristics of the cores directly and should therefore be used to compare different cores made of different ferromagnetic oxides by different manufacturers such as is done in the case of type tests.

### 4.2 *Indirect measuring methods*

The indirect measuring methods only allow the comparison of cores of the same construction and material, made by the same manufacturer. Their use is therefore restricted to those cases where the correlation with the direct measuring methods has been established. After agreement between manufacturer and purchaser, they may be used for factory tests and for acceptance tests.

### 4.3 *Type of core*

A type comprises cores having similar design features, manufactured by the same techniques and falling within the manufacturer's usual range of characteristics for these cores.

*Notes 1.* — Mounting accessories are ignored, provided they have no significant effect on the test results.

2. — Characteristics cover the combination of:

- a) electrical characteristics;
- b) sizes.

3. — The limits of the range of characteristics shall be agreed between customer and manufacturer.

### 4.4 *Type test*

The type test of a core is the complete series of tests to be carried out on a number of specimens representative of the type, with the object of determining whether a particular manufacturer can be considered able to produce cores meeting the specification.

### 4.5 *Type approval*

Type approval is the decision by the proper authority (the customer himself or his nominee) that a particular manufacturer can be considered able to produce in reasonable quantities the type meeting the specification.

### 4.6 *Acceptance tests*

Acceptance tests are tests carried out to determine the acceptability of a consignment on the basis of an agreement between customer and manufacturer.

L'accord précisera :

- a) l'effectif de l'échantillon;
- b) le choix des essais;
- c) la mesure dans laquelle l'échantillon soumis à l'essai devra être conforme aux exigences des essais choisis dans la spécification.

*Note.* — En cas de désaccord sur les résultats d'essais, les méthodes d'essais normalisées de la CEI seront utilisées pour les essais de réception.

#### 4.7 *Essais de contrôle de fabrication*

Les essais de contrôle de fabrication sont les essais effectués par le fabricant pour s'assurer que les noyaux satisfont à la spécification.

#### 4.8 *Effectif de l'échantillon*

##### 4.8.1 *Généralités*

L'effectif de l'échantillon à essayer dans chaque cas particulier dépend du but du contrôle et de la précision à atteindre pour les résultats.

##### 4.8.2 *Essais de type*

Dans le cas des essais de type, l'échantillon sera représentatif de la gamme de valeurs correspondant au type considéré.

L'effectif de l'échantillon à essayer fera l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

L'effectif de l'échantillon à soumettre à un essai quelconque ne devra pas être inférieur à 5.

*Note.* — Une partie d'une gamme complète, ou des valeurs isolées prévues dans cette recommandation, peuvent être soumises aux essais en vue d'obtenir une approbation limitée.

##### 4.8.3 *Défauts*

Ces directives ne fixent pas le nombre de défauts admissibles; ceci en effet est considéré comme une prérogative de l'autorité accordant l'approbation de type.

### 5. **Méthodes de mesure directes**

#### 5.1 *Généralités*

##### 5.1.1 *Conditionnement magnétique*

Avant de faire les mesures, le noyau doit être conditionné de la manière suivante: le noyau est monté sur une bobine de mesure à laquelle est appliquée une tension sinusoïdale. La tension devra être telle que le noyau soit bien saturé et elle devra être ramenée à zéro en un temps équivalent à 100 périodes au moins.

Sauf indication contraire, il doit s'écouler au moins 24 heures avant les mesures.

A moins de stipulation contraire, le noyau doit également être conditionné de cette façon entre deux mesures particulières successives.

*Note.* — Quand la méthode électrique de conditionnement magnétique est nuisible au matériau, une méthode thermique peut être appliquée.

Les détails sont à l'étude.

The agreement shall cover:

- a) the sample size;
- b) the selection of tests;
- c) the extent to which the test specimens shall conform to the requirements for the selected tests of the specification.

*Note.* — In cases of divergent test results, the IEC standard test methods shall be used for acceptance tests.

#### 4.7 *Factory tests*

Factory tests are those tests carried out by the manufacturer to verify that his cores meet the specification.

#### 4.8 *Number of specimens*

##### 4.8.1 *General*

The number of specimens to be tested in any particular case depends upon the purpose of the testing and the accuracy to be achieved for the result.

##### 4.8.2 *Type testing*

In the case of type tests, the sample shall be representative of the range of values of the type under consideration.

The appropriate number of specimens to be tested shall be agreed upon between customer and supplier.

The number of specimens to be subjected to any single test shall not be less than 5.

*Note.* — Part of a full range, or individual values, may be subjected to type tests in order to gain limited type approval.

##### 4.8.3 *Failures*

This guide does not specify the number of permissible failures; this is considered to be the prerogative of the authority giving type approval.

### 5. **Direct measuring methods**

#### 5.1 *General*

##### 5.1.1 *Magnetic conditioning of cores*

Before measurements are made, cores should be conditioned as follows: the core is assembled about a measuring coil to which a sinusoidal voltage is applied. The magnitude of this voltage should be such as to take the core well into saturation. This voltage is then decreased to zero in a time equivalent to not less than 100 cycles.

Unless otherwise specified, the cores shall be rested under standard atmospheric conditions for testing for not less than 24 hours before any measurements are carried out.

Unless otherwise specified, the core shall also be conditioned in this way between the individual measurements.

*Note.* — When the electrical method of magnetic conditioning is harmful for the material, a thermal method may be applied.

Details are under consideration.

### 5.1.2 Conditions atmosphériques

Les conditions atmosphériques doivent être spécifiées conformément à la Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants.

Quand il est spécifié que la valeur limite donnée s'applique à la température de référence de 20 °C, les mesures peuvent être effectuées à une température quelconque dans la gamme de température normale d'essai (de 15 °C à 35 °C) et les résultats ramenés par le calcul à la température de référence, quand les facteurs de corrections sont connus.

Quand les facteurs de correction ne sont pas connus, il faut faire les mesures dans les conditions atmosphériques des essais d'arbitrage de 20 °C.

Si la température de 20 °C ne convient pas, on peut choisir une des autres conditions atmosphériques normales pour les essais d'arbitrage (23 °C ou 27 °C) à la condition que des valeurs limites convenables soient agréées.

En faisant les mesures, on doit veiller à ce que la température atmosphérique ne varie pas.

### 5.1.3 Serrage des noyaux

Les mesures doivent être faites sur un noyau dont les coquilles sont assemblées et serrées avec la force spécifiée. Cette force doit correspondre à la force appliquée normalement durant l'emploi du noyau assemblé.

### 5.1.4 Bobine de mesure

Une bobine de mesure doit être placée sur la jambe qui portera l'enroulement du transformateur dans l'utilisation normale. La construction de la bobine dépend des conditions de mesure. La bobine doit être entièrement définie (voir aussi la note 2 de l'article 2).

Des détails complémentaires concernant la bobine de mesure sont à l'étude.

### 5.1.5 Valeur de crête de l'induction effective

La valeur de crête de l'induction effective dans un noyau doit être calculée comme suit:

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

$\hat{B}_e$  = valeur de crête de l'induction effective

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

$N$  = nombre de spires de la bobine

$\omega$  =  $2\pi \times$  fréquence de mesure

$A_e$  = surface effective.

### 5.1.6 Faible induction

Lorsqu'il est spécifié de faire une mesure à faible induction, celle-ci doit être telle qu'une valeur double de  $\hat{B}_e$  ne provoque qu'une variation négligeable de la valeur mesurée.

## 5.2 Perméabilité effective initiale, inductance spécifique et facteur de tours (paragraphe 3.2.1)

5.2.1 Les surfaces de contacts des noyaux doivent être soigneusement nettoyées.

5.2.2 Les mesures doivent être faites à 20 °C (paragraphe 5.1.2).

### 5.1.2 Atmospheric conditions

The atmospheric conditions shall be specified in accordance with IEC Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment.

Where it is specified that the quoted limit applies to the standard reference temperature of 20 °C, the measurement may be made at any temperature within the standard temperature range for testing (15 °C to 35 °C) and the result corrected by calculation, when the correction factors are known.

Alternatively, where the correction factors are unknown, the measurement shall be made under standard atmospheric conditions for referee tests of 20 °C.

In case 20 °C is unsuitable, one of the other standard atmospheric conditions for referee tests may be chosen (23 °C or 27 °C) on condition that suitable limits are agreed.

During measurement, care shall be taken that the atmospheric temperature does not fluctuate.

### 5.1.3 Clamping of cores

The measurements should be made on a normal core assembly which is clamped together with the specified force. This force shall correspond to the force applied during normal use of the core assembly.

### 5.1.4 Measuring coil

A measuring coil shall be placed on the leg which is intended to bear the transformer winding during normal use. The construction of the coil depends upon the measuring conditions. The coil shall be fully defined (see also Note 2 of Clause 2).

Further details of the measuring coil are under consideration.

### 5.1.5 Peak effective flux density

The peak effective flux density in a core shall be calculated as follows:

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

$\hat{B}_e$  = peak effective flux density

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

$N$  = number of turns of the measuring coil

$\omega$  =  $2\pi \times$  measuring frequency

$A_e$  = effective area.

### 5.1.6 Vanishingly low value of flux density

When the measurement should be made at a vanishingly low value of the flux density, the level of flux density should be such that doubling of  $\hat{B}_e$  causes a negligible change in the measured value.

## 5.2 Initial effective permeability, inductance factor and turns factor (Sub-clause 3.2.1)

5.2.1 The contact surfaces of the cores shall be carefully cleaned.

5.2.2 The measurements shall be made at 20 °C (Sub-clause 5.1.2).

- 5.2.3 L'inductance de la bobine de mesure assemblée au noyau doit être mesurée.  
La mesure doit être faite à la fréquence spécifiée et à faible induction (paragraphe 5.1.6).

- 5.2.4 La perméabilité effective initiale doit être calculée à partir de:

$$\mu_e = \frac{L}{N^2} \cdot \frac{C_1}{\mu_0}$$

$\mu_e$  = perméabilité effective initiale

$L$  = inductance

$N$  = nombre de spires de la bobine de mesure

$C_1$  = coefficient du noyau défini dans le paragraphe 3.3.1

$\mu_0$  = perméabilité absolue du vide:  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m.

- 5.2.5 L'inductance spécifique correspondant à la perméabilité initiale doit être calculée à partir de:

$$A_L = \frac{L}{N^2}$$

- 5.2.6 Le facteur de tours correspondant à la perméabilité initiale doit être calculé à partir de:

$$\alpha = \frac{N}{\sqrt{L}}$$

- 5.3 Pertes (paragraphe 3.2.2 et 3.2.3)

- 5.3.1 Les mesures doivent être faites à 20 °C (paragraphe 5.1.2).

- 5.3.2 La résistance de la bobine de mesure assemblée au noyau doit être mesurée.

Les mesures doivent être faites aux fréquences spécifiées.

*Note.* — Il peut être nécessaire, spécialement pour des matériaux à faibles pertes, d'effectuer une correction pour la résistance de pertes de la bobine de mesure et pour la résistance série équivalente du condensateur d'accord, quand on utilise une méthode de mesure à résonance série (voir aussi la note 3 de l'article 2).

Il est conseillé d'obtenir la tension nécessaire pour la détermination de l'induction à partir d'un enroulement secondaire séparé.

- 5.3.3 Les pertes par courant de Foucault et les résiduelles doivent être mesurées à faible induction (paragraphe 5.1.6).

- 5.3.4 Le coefficient d'hystérésis doit être déterminé par deux mesures de pertes pour deux valeurs du courant dans la bobine de mesure telles que la valeur de crête de l'induction effective soit inférieure à 10 mT (100 Gs).

L'inductance de la bobine de mesure est aussi mesurée pour la valeur la plus basse du courant.

Le coefficient d'hystérésis du noyau doit être calculé à partir de:

$$\eta_i = \frac{\Delta R}{\Delta i \cdot L^{3/2} \cdot \omega} \text{ ou d'après } \eta_i = \frac{\Delta \text{tg } \delta}{\Delta i \cdot \sqrt{L}}$$

$\eta_i$  = coefficient d'hystérésis du noyau

$\Delta i$  = différence des valeurs de crête des deux courants de mesure

$\Delta R$  = différence des résistances série mesurées correspondant à  $\Delta i$

$\Delta \text{tg } \delta$  = différence en  $\text{tg } \delta$  mesurée correspondant à  $\Delta i$

$\omega$  =  $2\pi \times$  la fréquence de mesure

$L$  = inductance à la valeur la plus élevée du courant.

5.2.3 The self-inductance of the measuring coil assembled with core shall be measured.

The measurement shall be made at the specified frequency and at a vanishingly low value of the flux density (Sub-clause 5.1.6).

5.2.4 The initial effective permeability shall be calculated from:

$$\mu_e = \frac{L}{N^2} \cdot \frac{C_1}{\mu_0}$$

$\mu_e$  = initial effective permeability

$L$  = self-inductance

$N$  = number of turns of the measuring coil

$C_1$  = core factor according to Sub-clause 3.3.1

$\mu_0$  = absolute permeability of vacuum:  $4\pi \times 10^{-7}$  H/m.

5.2.5 The inductance factor corresponding to the initial permeability shall be calculated from:

$$A_L = \frac{L}{N^2}$$

5.2.6 The turns factor corresponding to the initial permeability shall be calculated from:

$$\alpha = \frac{N}{\sqrt{L}}$$

5.3 Losses (Sub-clauses 3.2.2 and 3.2.3)

5.3.1 The measurements shall be made at 20 °C (Sub-clause 5.1.2).

5.3.2 The effective resistance of the measuring coil assembled with core shall be measured.

The measurements shall be made at the specified frequencies.

*Note.* — It may be necessary, especially for materials with low losses, to correct for the loss resistance of the measuring coil and for the equivalent series resistance of the tuning capacitor, if a series resonance method of measurement is used (see also Note 3 of Clause 2).

It is advisable to obtain the voltage for the determination of flux density from a separate secondary winding.

5.3.3 The eddy current and residual losses shall be measured at a vanishingly low value of the flux density (Sub-clause 5.1.6).

5.3.4 The hysteresis core constant shall be derived from two loss measurements at two values of the current through the measuring coil such that the peak effective flux density is smaller than 10 mT (100 Gs).

At the higher value of the current, the self-inductance of the measuring coil is also measured.

The hysteresis core constant shall be calculated from:

$$\eta_i = \frac{\Delta R}{\Delta i \cdot L^{3/2} \cdot \omega} \text{ or from } \eta_i = \frac{\Delta \tan \delta}{\Delta i \cdot \sqrt{L}}$$

$\eta_i$  = hysteresis core constant

$\Delta i$  = difference in peak value of the two measuring currents

$\Delta R$  = difference in measured series resistance corresponding to  $\Delta i$

$\Delta \tan \delta$  = difference in measured  $\tan \delta$  corresponding to  $\Delta i$

$\omega$  =  $2\pi \times$  measuring frequency

$L$  = self-inductance at the higher value of the current.

5.3.5 La tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis peut être calculée à partir de:

$$\operatorname{tg} \delta_h = \eta_i \cdot i \cdot \sqrt{L}$$

$\operatorname{tg} \delta_h$  = tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis

$\eta_i$  = coefficient d'hystérésis du noyau

$i$  = valeur de crête du courant de mesure

$L$  = inductance à la valeur la plus élevée du courant.

5.4 *Désaccommodation* (paragraphe 3.2.4)

5.4.1 La mesure doit être faite avec la bobine de mesure associée au noyau.

5.4.2 La mesure doit être faite à 20 °C (paragraphe 5.1.2).

5.4.3 Le noyau doit être conditionné magnétiquement (paragraphe 5.1.1). L'inductance doit être mesurée 1 minute et 24 heures après conditionnement magnétique. Les mesures doivent être faites à la fréquence spécifiée et à faible induction (paragraphe 5.1.6) dans des conditions identiques pour les deux mesures. Pendant la période de 24 heures les conditions climatiques et mécaniques du noyau doivent rester constantes.

Pour la détermination du facteur de désaccommodation, d'autres intervalles de temps peuvent être spécifiés.

5.4.4 La désaccommodation en 24 heures doit être calculée à partir de:

$$D = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\%$$

$D$  = désaccommodation en 24 heures

$L_1$  = inductance mesurée 1 minute après conditionnement magnétique

$L_2$  = inductance mesurée 24 heures après conditionnement magnétique.

5.4.5 Le facteur de désaccommodation doit être calculé à partir de:

$$DF = \frac{L_1 - L_2}{\mu_e L_1 \log_{10} \frac{t_2}{t_1}}$$

$DF$  = facteur de désaccommodation

$L_1$  = inductance mesurée  $t_1$  secondes après conditionnement magnétique

$L_2$  = inductance mesurée  $t_2$  secondes après conditionnement magnétique

$\mu_e$  = perméabilité effective du matériel ferromagnétique (paragraphe 5.2.4).

5.5 *Coefficient de température de la perméabilité effective* (paragraphe 3.2.5)

5.5.1 Les surfaces de contact des noyaux doivent être soigneusement nettoyées.

5.5.2 Les mesures doivent être faites aux températures spécifiées ci-dessous (paragraphe 5.5.4).

5.5.3 Les mesures doivent être faites à la fréquence spécifiée et à faible induction (paragraphe 5.1.6).

5.5.4 Une bobine de mesure associée au noyau est placée dans une étuve pour 24 heures à une température de  $T_1$  °C. Elle est alors soumise au cycle de température suivant:

- La température est élevée jusqu'à  $T_2$  °C avec une vitesse de variation ne dépassant pas 10 °C/h, et est maintenue à  $T_2$  °C pendant au moins 4 heures.