

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60367-2

Première édition
First edition
1974-01

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

**Deuxième partie:
Directives pour l'établissement des spécifications**

**Cores for inductors and transformers
for telecommunications**

**Part 2:
Guides for the drafting of performance
specifications**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60367-2: 1974

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

60367-2

Première édition
First edition
1974-01

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

**Deuxième partie:
Directives pour l'établissement des spécifications**

**Cores for inductors and transformers
for telecommunications**

**Part 2:
Guides for the drafting of performance
specifications**

© IEC 1974 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 Varembe 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

N

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet de la deuxième partie	6
3. Généralités	6
4. Règles générales pour l'établissement des spécifications de fonctionnement	10
5. Noyaux pour transformateurs accordés et bobines d'inductance	12
6. Noyaux pour transformateurs à large bande	20
7. Noyaux pour transformateurs d'impulsions	24
ANNEXE – Détails supplémentaires sur les feuilles particulières des circuits en pot	26

CONTENTS

FOREWORD	Page 5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object of Part 2	7
3. General information	7
4. General rules for the drafting of performance specifications	11
5. Cores for tuned transformers and inductors	13
6. Cores for broad-band transformers	21
7. Cores for pulse transformers	25
APPENDIX – Additional details for article sheets for pot cores	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Deuxième partie: Directives pour l'établissement des spécifications

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Elle remplace la Publication 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 la Publication 219 de la CEI: Directives pour l'établissement des spécifications des noyaux en oxydes ferromagnétiques pour transformateurs à large bande destinés aux télécommunications.

Lors de la réunion tenue à Washington en 1970, il fut décidé que les textes révisés des Publications 218 et 219 de la CEI seraient publiés comme deuxième partie d'une publication de la CEI dans le domaine des noyaux pour transformateurs et bobines d'inductance, qui contiendrait dans sa première partie les méthodes de mesure. La première partie de cette publication a été publiée sous le numéro 367-1 en juillet 1972.

Un premier projet concernant la deuxième partie, préparé par le Secrétariat, fut discuté lors de la réunion tenue à Leningrad en 1971. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 51(Bureau Central)130, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1972. Des modifications, document 51(Bureau Central)145, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1973.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS
FOR TELECOMMUNICATIONS**

Part 2: Guides for the drafting of performance specifications

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 recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 51, Magnetic Components and Ferrite Materials.

It replaces IEC Publication 218, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Tuned Transformers and Inductors of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication, and IEC Publication 219, Guide for the Drafting of Performance Specifications for Cores of Broad-band Transformers of Ferromagnetic Oxides for Telecommunication.

At the meeting held in Washington in 1970, the decision was taken that the revised texts of Publications 218 and 219 should be issued as Part 2 of an IEC publication in the field of transformer and inductor cores which should contain in Part 1 the measuring methods. Part 1 of this publication was issued in July 1972, numbered 367-1.

A first draft of Part 2, prepared by the Secretariat, was discussed at the meeting held in Leningrad in 1971. As a result of this meeting a final draft, document 51(Central Office)130, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1972. Amendments, document 51(Central Office)145, were submitted to the National Committee for approval under the Two Months' Procedure in July 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

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

NOYAUX POUR BOBINES D'INDUCTANCE ET TRANSFORMATEURS DESTINÉS AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS

Deuxième partie: Directives pour l'établissement des spécifications

1. Domaine d'application

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

2. Objet de la deuxième partie

Donner des directives pour l'établissement des spécifications et des feuilles particulières des circuits magnétiques au sujet des caractéristiques des noyaux qui peuvent avoir de l'importance pour les applications les plus courantes de ces noyaux.

Notes 1. - Des données sur quelques-unes (ou toutes) des caractéristiques indiquées dans les articles spécifiés 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 géométrique et de la position de la bobine de mesure.

3. - Dans le cas où des limites de pertes d'un noyau, mesurées à l'aide d'une bobine, sont spécifiées, on doit rendre négligeables les pertes de la bobine ou appliquer une correction.

4. - Les formules sont données uniquement pour les unités de base SI. Pour les spécifications et les feuilles particulières, on emploiera normalement les multiples et sous-multiples suivants:

mm⁻¹ pour le coefficient C_1 du noyau,

mm⁻³ pour le coefficient C_2 du noyau,

kHz pour la fréquence,

mH pour l'inductance,

nH pour l'inductance spécifique,

mT pour l'induction,

mA pour le courant,

kA/m pour le champ magnétique.

5. - Les symboles normalisés suivants sont utilisés pour les formules dans la présente recommandation:

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 = $\frac{LC_1}{\mu_0 N^2}$

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 section transversale,

ω = pulsation = $2\pi \times$ fréquence du courant de mesure.

3. Généralités

3.1 Références

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

- Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.);
- Publication 125 de la CEI: Classification générale des matériaux en oxydes ferromagnétiques et définition des termes;
- Edition anticipée du V.E.I.: Chapitre 901: Magnétisme.

Pour les paramètres effectifs (coefficients du noyau et dimensions effectives), voir:

- Publication 205 de la CEI: Calcul des paramètres effectifs des pièces ferromagnétiques.

* Dans le cas de perméabilité affectée d'un autre qualificatif, comme par exemple la perméabilité initiale μ_i , on se réfère à la grandeur relative, sauf indication contraire.

CORES FOR INDUCTORS AND TRANSFORMERS FOR TELECOMMUNICATIONS

Part 2: Guides for the drafting of performance specifications

1. Scope

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

2. Object of Part 2

To give guidance on the drafting of specifications and article sheets for magnetic cores, the subject of the specifications being the core properties which may be of importance in the most common applications of these cores.

Notes 1. – Data on any, or all, of the characteristics listed in the specialized clauses may be required.

2. – Since the values measured for certain characteristics depend upon the geometry and position of the measuring coil, this coil shall be specified in sufficient detail before agreement can be reached on the value of such characteristics.

3. – Where limits for core losses measured with a coil are stated in a specification, the coil losses shall be made negligible or a correction applied.

4. – Equations are given for basic SI units only. In specifications and article sheets, the following multiples or sub-multiples will normally be used:

mm⁻¹ for core factor C_1 ,
mm⁻³ for core factor C_2 ,
kHz for frequency,
mH for inductance,
nH for inductance factor,
mT for flux density,
mA for current,
kA/m for magnetic field strength.

5. – The following standard symbols are used in the formulae of this recommendation:

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 = $\frac{LC_1}{\mu_0 N^2}$

μ_{rev} = reversible permeability,

N = number of turns on the 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.

3. General information

3.1 References

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

- IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary;
- IEC Publication 125: General Classification of Ferromagnetic Oxide Materials and Definitions of Terms;
- Advance Edition of I.E.V: Chapter 901: Magnetism.

For the effective parameters (core factors and effective dimensions), see:

- IEC Publication 205: Calculation of the Effective Parameters of Magnetic Piece Parts.

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

3.2 Explications générales sur les mesures et les essais

3.2.1 Méthodes de mesure directes

Les méthodes de mesure directes permettent de mesurer directement les caractéristiques des noyaux et il convient par conséquent de les utiliser, comme c'est le cas pour des essais de type, pour comparer des noyaux différents réalisés à partir de divers matériaux par des fabricants différents.

Pour ces mesures, la première partie doit être utilisée.

3.2.2 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 (ou son représentant), elles peuvent être utilisées pour des essais de contrôle en usine et des essais de réception.

3.2.3 Type

Un type comprend les noyaux ayant des caractéristiques communes bien déterminées et fabriqués selon la même technologie.

Note. – Des caractéristiques communes couvrent en général la forme du noyau et les propriétés du matériau utilisé.

3.2.4 Essai

Procédé suivi pour déterminer si une exigence particulière d'une spécification est satisfaite.

3.2.5 Essai de type

Série d'essais effectués sur un nombre de spécimens représentatifs du type en vue de déterminer si un fabricant donné est en mesure de fabriquer des produits satisfaisant à la spécification.

3.2.6 Homologation (qualification)

Décision prise par l'autorité habilitée suivant laquelle un fabricant donné est capable de produire en quantité raisonnable un produit satisfaisant à la spécification.

3.2.7 Essais d'assurance de la qualité

Essais effectués sous la responsabilité du fabricant afin de s'assurer que des produits acceptés pour la livraison satisfont à la spécification.

3.2.8 Effectif de l'échantillon

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 le résultat.

2. Essais de type

Dans le cas des essais de type, l'échantillon sera représentatif de la gamme de valeurs (modèles, valeur de A_L , tolérances, etc.) correspondant au type considéré.

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

Note. – Une partie d'une gamme complète ou des valeurs isolées peuvent être soumises aux essais en vue d'obtenir une approbation limitée.

3. Défauts

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

3.2 General explanation on measuring and testing

3.2.1 Direct measuring methods

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

For these test methods, reference should be made to Part 1.

3.2.2 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 (or his nominee), they may be used for factory tests and for acceptance tests.

3.2.3 Type of core

A type comprises cores having definite common features and manufactured by the same technology.

Note. – Common features cover in general the core shape and the properties of the material used.

3.2.4 Test

A procedure followed in order to determine whether a particular requirement of a specification is met.

3.2.5 Type test

A series of tests carried out on a number of specimens representative of the type with the object of determining whether a particular manufacturer is able to make products meeting the specification.

3.2.6 Type approval (qualification approval)

Decision by the appropriate authority that a particular manufacturer is able to produce, in reasonable quantity, a product meeting the specification.

3.2.7 Quality conformance tests

Tests carried out under the responsibility of the manufacturer to ensure that products accepted for delivery comply with the specification.

3.2.8 Number of specimens

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.

2. Type testing

In the case of type tests, the sample shall be representative of the range of values (sizes, A_L values, tolerances, etc.) of the type under consideration.

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

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

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.

3.3 Subdivision des caractéristiques

Les recommandations concernant les caractéristiques requises pour spécifier des types différents de noyaux sont indiquées aux articles 4 et suivants. Elles dépendent des applications variées du noyau. Ces listes des caractéristiques sont réparties en deux parties 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, appelée «information minimale des spécifications de noyau»;
- donner des recommandations concernant les renseignements complémentaires que le fabricant doit fournir pour les besoins des avant-projets, appelés: «renseignements complémentaires sur les noyaux».

Comme supplément à ces deux catégories, des directives sur les conditions mécaniques peuvent être données.

4. Règles générales pour l'établissement des spécifications de fonctionnement

4.1 Les spécifications de fonctionnement doivent être claires, sans équivoque et aussi complètes que possible. Si elles contiennent des exigences qui doivent être satisfaites pour certaines caractéristiques des noyaux, ainsi que des informations données seulement comme directives pour les utilisateurs, ces deux types d'information doivent être distinctement séparés.

Les feuilles particulières pour les types de noyau, pour lesquels un cadre a été établi dans les articles 5 et suivants, doivent suivre ce cadre pour autant que celui-ci est applicable.

4.2 Les spécifications de fonctionnement doivent comprendre au moins les informations suivantes:

1. L'autorité responsable de l'établissement de la spécification.
2. Le numéro de référence et la date de l'édition ou numéro de l'édition.
3. Le domaine d'application contenant une brève description du noyau, les applications envisagées etc.
4. Le croquis dimensionnel.
5. Les dimensions principales, avec leurs tolérances.
6. Les tolérances (exigences) des caractéristiques principales du noyau.
7. Les détails sur les conditions et les méthodes de mesure des caractéristiques principales, dans la mesure nécessaire (par exemple la force de serrage pour les noyaux formés de plus d'une pièce).
8. La gamme de températures de service, exprimée en deg C, dans laquelle le noyau peut être utilisé sans détérioration et dans laquelle les paramètres de référence relatifs à cette gamme restent à l'intérieur des limites spécifiées.
9. Les valeurs limites de toute condition d'utilisation qui est essentielle pour maintenir les caractéristiques du noyau.

4.3 Les exigences (point 6 du paragraphe 4.2) doivent couvrir en principe toutes les caractéristiques indiquées aux articles particuliers de la présente recommandation comme «Information minimale des spécifications de noyaux». De plus, elles peuvent couvrir quelques-unes ou toutes les caractéristiques des «Informations complémentaires sur les circuits» comme approprié. Des caractéristiques additionnelles peuvent être ajoutées si exigées, mais dans ce cas les caractéristiques du paragraphe particulier de la présente recommandation doivent être considérées comme préférentielles.

4.4 Pour les méthodes de mesure, on doit se référer à la première partie de la présente recommandation. Des renseignements supplémentaires (comme les conditions de mesure qui ne sont pas mentionnées dans la première partie) et les écarts inévitables par rapport à ces méthodes d'essai doivent être établis sans ambiguïté.

Au cas où les fréquences de mesure des caractéristiques à spécifier ne sont pas dictées par l'application ou toute autre raison, il est recommandé de les choisir dans la série 1 – 3 – 10 – etc. kHz.

4.5 Dans le cas où les mesures sont spécifiées, explicitement ou implicitement (comme pour la perméabilité initiale) à une induction faible (c'est-à-dire dans le domaine de Rayleigh), la valeur de l'induction est telle qu'une valeur double de l'induction effective de crête $\hat{B}_e$ ne provoque qu'une variation négligeable de la valeur mesurée.

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

où:

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

3.3 Sub-division of the characteristics

Recommendations for the characteristics to be specified for the various types of cores are listed in Clauses 4 and onwards. They depend upon the general application of the core. These lists of characteristics are divided into two parts serving the following main purposes:

- to state the minimum information on performance characteristics required in specifications for transformer and inductor cores, referred to as “minimum information in core specifications”.
- to give recommendations for further information which may be supplied by the manufacturer for the use of designers, referred to as “additional information on cores”.

In addition to these two categories, guidance on mechanical requirements may be given.

4. General rules for the drafting of performance specifications

4.1 Performance specifications shall be clear, unequivocal and as complete as possible. When they contain requirements for certain core properties, which shall be met, and also information which is only for the guidance of users, these two types of information shall be clearly separated.

Article sheets for core types for which a format has been established in Clauses 5 and onwards, shall follow that format as far as it reasonably applies.

4.2 Performance specifications shall at least contain the following information:

1. Authority responsible for the establishing of the specification.
2. Reference number and date of issue or issue number.
3. Scope containing a short description of the core, its intended application etc.
4. Dimensional sketch.
5. Essential dimensions with tolerances.
6. Limit values (requirements) for the essential characteristics of the core.
7. Details on measuring methods and conditions for the essential characteristics, as far as required (e.g., clamping force for cores consisting of more than one part).
8. Operating temperature range in deg C, within which the core can be used without damage and within which the parameters related to this range stay within specified limits.
9. Limiting values for any condition of use which is essential for maintaining the core properties.

4.3 The requirements (Item 6 of Sub-clause 4.2) shall in principle cover all characteristics listed as “minimum information of core specifications” in the relevant clause of this recommendation. They may further cover some or all characteristics of the “further information on cores” as appropriate. Additional characteristics may be added as required, but in that case the characteristics described in the relevant clause of this recommendation should be considered as preferred.

4.4 For measuring methods, reference shall be made to Part 1 of this recommendation. Additional information (such as measuring conditions not listed in Part 1) and unavoidable deviations from these test methods shall be unambiguously stated.

In those cases where the measuring frequency or frequencies for the characteristics to be specified are not dictated by the application or by other considerations, it is recommended that they be chosen from the series 1 – 3 – 10 – etc. kHz.

4.5 When measurements at vanishingly low value of the flux density (i.e. within the Rayleigh region) are specified, or implied (such as for initial permeability), the level of flux density shall be such that doubling of the peak effective flux density $\hat{B}_e$ causes a negligible change in measured value.

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

where:

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

4.6 Pour tous les types de circuit, l'information sur les valeurs des paramètres effectifs doit être considérée dans la catégorie des informations complémentaires sur les circuits.

Les coefficients du noyau doivent être calculés conformément à la Publication 205 de la CEI. Ces coefficients sont définis par:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad * \quad C_2 = \sum \frac{l}{A^2} \text{ mm}^{-3}$$

Les dimensions effectives peuvent être calculées de la façon suivante:

$$\begin{aligned} \text{– surface effective} \quad A_e &= \frac{C_1}{C_2} \\ \text{– longueur effective} \quad l_e &= \frac{C_1^2}{C_2} \\ \text{– volume effectif} \quad V_e &= \frac{C_1^3}{C_2^2} \end{aligned}$$

5. Noyaux pour transformateurs accordés et bobines d'inductance

5.1 Généralités

5.1.1 Cette information s'applique spécifiquement aux noyaux sans entrefer ou avec un entrefer relativement petit, pour transformateurs et bobines d'inductance dont la réactance constitue une partie d'un circuit oscillant. Elle est limitée aux formes géométriques pour lesquelles les caractéristiques indiquées aux paragraphes 5.2 et 5.3 ont une signification quand on les mesure suivant la première partie. Cela n'est pas le cas, par exemple, pour les petits bâtonnets utilisés comme noyaux dans les bobines d'inductance pour fréquences radioélectriques.

5.1.2 En plus des points donnés dans le présent article, l'information donnée dans l'article 4 doit être aussi considérée quand on établit des spécifications et des feuilles particulières pour ces types de noyaux.

5.1.3 Pour les noyaux avec dispositif de réglage, la spécification s'applique normalement aux noyaux sans bâtonnet de réglage, mais lorsque cela est explicitement spécifié, le noyau doit satisfaire aux exigences de la spécification, à la fois avec le bâtonnet de réglage dans n'importe quelle position à l'intérieur de la gamme spécifiée et avec le bâtonnet de réglage enlevé en considérant l'augmentation de la perméabilité effective due à la présence du dispositif de réglage.

Dans ce cas, chaque noyau d'un lot associé avec tout bâtonnet de réglage du modèle approprié doit satisfaire la spécification.

Note. – Dans toute la gamme de réglage, l'enfoncement mécanique du bâtonnet de réglage doit être convenable pour que la stabilité de l'inductance soit satisfaisante en chaque point de cette gamme. Les dimensions limites pour le noyau avec réglage s'appliquent lorsque le bâtonnet de réglage se trouve entre les limites de la gamme de réglage.

5.1.4 Pour les définitions concernant le réglage de l'inductance, voir le paragraphe 10.2 de la première partie.

5.2 Information minimale des spécifications de noyau

5.2.1 Inductance spécifique (article 7 de la première partie)

La valeur nominale et la tolérance de l'inductance spécifique initiale A_L doivent être données pour 25 °C et pour une fréquence spécifiée. Pour les noyaux avec réglage, le bâtonnet de réglage doit être enlevé quand on mesure ce facteur.

Note. – Inductance spécifique $A_L \dagger = \frac{L}{N^2}$

* On utilise quelquefois le facteur de perméance $c = \frac{\mu_0}{C_1}$

† Dans quelques pays, le facteur de tours α , étant le nombre de spires pour 1 mH, apparaît dans des spécifications. Cependant, l'utilisation de ce facteur n'est pas recommandée.

4.6 For all core types, information on the values of the effective parameters shall be considered in the category of additional information on cores.

The core factors shall be calculated in accordance with IEC Publication 205. They are defined by:

$$C_1 = \sum \frac{l}{A} \text{ mm}^{-1} \quad * \quad C_2 = \sum \frac{l}{A^2} \text{ mm}^{-3}$$

The effective dimensions can be calculated as:

$$\begin{aligned} \text{– effective area} \quad A_e &= \frac{C_1}{C_2} \\ \text{– effective length} \quad l_e &= \frac{C_1^2}{C_2} \\ \text{– effective volume} \quad V_e &= \frac{C_1^3}{C_2^2} \end{aligned}$$

5. Cores for tuned transformers and inductors

5.1 General

5.1.1 This information specifically applies to cores without air gap or with relatively small air gap for transformers and inductors in which the reactance forms part of a resonant circuit. It is restricted to those geometries for which the characteristics listed in Sub-clauses 5.2 and 5.3 are significant when measured in accordance with Part 1. This will not be the case, for example, for short rods used as cores in r.f. inductors.

5.1.2 In addition to the items mentioned in this clause, the information of Clause 4 shall also be considered when drafting performance specifications and article sheets for these types of cores.

5.1.3 For cores with adjusting devices, the performance specification normally applies to cores without the adjuster. Where explicitly stated, cores with adjuster shall meet the requirements of the specification both with the adjuster at any point in the specified range and with the adjuster removed, but taking into account the increase in effective permeability due to the presence of the adjuster.

In this case, any core of a batch combined with any adjuster of an appropriate type should meet the specification.

Note. – Throughout the adjustment range, the mechanical engagement of the adjuster shall be such that the stability of inductance is satisfactory at any point in the range. The outline dimensions for the core with adjusting device apply when the adjuster is anywhere within the adjustment range.

5.1.4 For the definitions on inductance adjustment, see Sub-clause 10.2 of Part 1.

5.2 Minimum information in core specifications

5.2.1 Inductance factor (Clause 7 of Part 1)

The nominal value and tolerance of the initial inductance factor A_L at 25 °C shall be stated for a specified frequency. For cores with an adjusting device, the adjuster shall be removed when measuring this factor.

Note. – The inductance factor $A_L \dagger = \frac{L}{N^2}$

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

† In some countries, turns factor α , being the number of turns for 1 mH, appears in specifications. The use of this factor is however not recommended.

5.2.2 Pertes résiduelles et pertes par courants de Foucault (article 11 de la première partie)

La valeur maximale du facteur de pertes due aux pertes résiduelles et pertes par courants de Foucault dans le noyau:

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

doit être donnée à 25°C et pour deux ou plusieurs fréquences spécifiées choisies de préférence parmi les fréquences normalisées (paragraphe 4.4) en fonction de la gamme de fréquences du noyau.

Notes 1. – Les pertes résiduelles et les pertes par courants de Foucault sont supposées identiques aux pertes totales dans le noyau aux valeurs faibles d'induction (voir paragraphe 4.5) ou extrapolées à celles-ci.

2. – Le produit de la perméabilité effective par le facteur de qualité correspondant aux pertes résiduelles et aux pertes par courants de Foucault, $\mu_e Q_{r+F}$ peut être indiqué à la place de $\frac{\tan \delta_{r+F}}{\mu_e}$, la conversion étant:

$$\frac{\tan \delta_{r+F}}{\mu_e} = \frac{1}{\mu_e Q_{r+F}}$$

5.2.3 Pertes par hystérésis (paragraphe 11.5 de la première partie)

La valeur maximale de la constante d'hystérésis du noyau η_i ou celle de la tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis $\tan \delta_h$ doit être donnée pour une température de 25°C et pour une basse fréquence convenable, fonction de la gamme de fréquences du noyau, choisie de préférence parmi les fréquences normalisées (paragraphe 4.4). En variante, la constante η_B du matériau peut être spécifiée.

Notes 1. – Conversion entre η_i et $\tan \delta_h$

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

2. – Conversion entre η_B et $\tan \delta_h$

$$\eta_B = \frac{\tan \delta_h}{\mu_e \hat{B}_e}$$

$\hat{B}_e$ = valeur maximum effective de l'induction (voir paragraphe 4.5)

3. – Pour les inductions bien au-dessous du point de saturation (c'est-à-dire dans le domaine de Rayleigh), il y a la relation approximative suivante entre les pertes par hystérésis et la distorsion non linéaire de la tension

$$\frac{E_3}{U_1} \approx 0.6 \tan \delta_h$$

U_1 = tension fondamentale appliquée à la bobine de mesure.

E_3 = force électromotrice de la fréquence du troisième harmonique engendrée par le noyau.

5.2.4 Désaccommodation (article 8 de la première partie)

La valeur maximale à 25°C du facteur de désaccommodation ou de la désaccommodation dans la période spécifiée de:

- 10 min à 100 min après conditionnement magnétique ou
- 24 h à 48 h après conditionnement thermique

doit être donnée.

5.2.5 Coefficient de température de la perméabilité effective (article 9 de la première partie)

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

Note. – Pour les circuits qui peuvent être fournis avec des entrefers différents, comme les circuits en pots, il est désirable de donner le facteur de température minimale et le facteur de température maximale d'un circuit dans lequel les seuls entrefers coupant les lignes de flux sont les entrefers résiduels causés par les surfaces de contact.

5.2.6 Gamme de réglage (seulement pour les noyaux avec réglage) (article 10 de la première partie)

L'inductance maximale à la limite inférieure et l'inductance minimale à la limite supérieure de la gamme de réglage (voir paragraphe 5.1.4) doivent être données en pourcentage de la valeur de l'inductance mesurée sans bâtonnet de réglage à la température et à la fréquence pour laquelle l'inductance initiale est donnée.

5.2.2 Residual and eddy current losses (Clause 11 of Part 1)

The maximum value of the loss factor due to residual and eddy current losses in the core:

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

at 25°C shall be stated for two or more specified frequencies, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) depending on the frequency range of the core.

Notes 1. – The residual and eddy current losses are assumed to be equal to the total core losses at, or extrapolated to, vanishingly low values of flux density (see Sub-clause 4.5).

2. – The product of the effective permeability and the quality factor corresponding to residual and eddy current losses, $\mu_e Q_{r+F}$, may be quoted instead of $\frac{\tan \delta_{r+F}}{\mu_e}$, the conversion being:

$$\frac{\tan \delta_{r+F}}{\mu_e} = \frac{1}{\mu_e Q_{r+F}}$$

5.2.3 Hysteresis losses (Sub-clause 11.5 of Part 1)

The maximum value of the hysteresis core constant η_i or the tangent of the loss angle due to hysteresis $\tan \delta_h$, at 25°C shall be stated for a specified low frequency, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) depending on the frequency range of the core. Alternatively, the hysteresis material constant η_B may be specified.

Notes 1. – Conversion between η_i and $\tan \delta_h$:

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

2. – Conversion between η_B and $\tan \delta_h$:

$$\eta_B = \frac{\tan \delta_h}{\mu_e \hat{B}_e}$$

$\hat{B}_e$ = effective peak value of flux density (see Sub-clause 4.5)

3. – For flux densities well below saturation (i.e. within the Rayleigh region), the following approximate relation exists between the hysteresis losses and non-linear voltage distortion when sinusoidal current is passed through the coil.

$$\frac{E_3}{U_1} \approx 0.6 \tan \delta_h$$

U_1 = fundamental voltage applied to the measuring coil,

E_3 = e.m.f. of third harmonic frequency generated by the core.

5.2.4 Disaccommodation (Clause 8 of Part 1)

The maximum value of the disaccommodation factor, or of the disaccommodation, at 25°C and over a specified time interval of:

- 10 min to 100 min after magnetic conditioning or
- 24 h to 48 h after thermal conditioning,

shall be stated.

5.2.5 Temperature coefficient of effective permeability (Clause 9 of Part 1)

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

Note. – For cores, such as pot cores, which can be delivered with a variety of different air gaps, it is desirable to specify the minimum and maximum temperature factor of the core when the only air gaps in the flux path are the residual air gaps due to the contact surfaces.

5.2.6 Range of adjustment (cores with adjusting device only) (Clause 10 of Part 1)

The maximum inductance at the lower limit and the minimum inductance at the upper limit of the adjustment range (see Sub-clause 5.1.4) shall be stated as a percentage of the inductance measured without adjuster, at 25°C and at the same temperature and frequency for which the inductance factor is stated.

5.3 Informations complémentaires sur les circuits

(Voir aussi le paragraphe 4.6.)

5.3.1 Perméabilité effective (article 7 de la première partie)

La valeur nominale de la perméabilité effective à une induction faible doit être donnée à 25 °C et pour une fréquence spécifiée.

5.3.2 Influence d'un champ magnétique continu (article 15 de la première partie)

On donnera pour chaque type de noyau une courbe représentant l'inductance spécifique en fonction de la force magnétomotrice continue.

5.3.3 Pertes totales (article 11 de la première partie)

Les pertes totales du noyau doivent être présentées sous une forme graphique en fonction de la fréquence, l'induction étant prise comme paramètre. La forme géométrique de la bobine doit être indiquée.

5.4 Exigences mécaniques

Les exigences mécaniques suivantes doivent être spécifiées:

5.4.1 La force maximale à laquelle le noyau doit résister sans dommage, et la façon selon laquelle cette force est appliquée au noyau. Pour les circuits magnétiques formés de plus d'une partie, cette force se rapporte normalement à la force de serrage et elle est appliquée de la même façon.

5.4.2 Pour les circuits magnétiques avec réglage, la force maximale à laquelle la partie fixe doit résister sans dommage ou sans que cette partie se détache du noyau.

5.4.3 Pour les réglages du type à vis, le couple maximal exercé sur le bâtonnet de réglage placé en butée, auquel le dispositif de réglage doit résister sans dommage et sans se détacher de la partie fixe.

5.5 Feuille particulière cadre

Les feuilles particulières doivent préciser les informations suivantes:

5.5.1 Dimensions

Les dimensions doivent être données et doivent se conformer à la publication CEI appropriée. Pour les détails sur les types de circuits spécifiques, voir les annexes appropriées à la présente publication.

Au moins deux des cinq paramètres effectifs et constantes du noyau, calculés conformément à la Publication 205 de la CEI, doivent être spécifiés: C_1 , C_2 , l_e , A_e et V_e (voir paragraphe 4.6). Habituellement, on donne C_1 , l_e et A_e .

5.5.2 Information générale

Les informations suivantes doivent être données:

- référence à la présente publication,
- gamme de températures de fonctionnement en deg C (paragraphe 4.2.8); les gammes normalisées sont –40 °C à +70 °C; –25 °C à +70 °C et +5 °C à +55 °C,
- détails du marquage,
- si cela est nécessaire, une indication des caractéristiques générales du matériau (voir la Publication 401 de la CEI: Information sur les matériaux ferrites figurant dans les catalogues des fabricants de noyaux pour transformateurs et bobines d'inductance).

5.3 *Additional information on cores*

(See also Sub-clause 4.6.)

5.3.1 *Effective permeability (Clause 7 of Part 1)*

The nominal value of the effective permeability at low flux density, at 25 °C and for a specified frequency shall be stated.

5.3.2 *Influence of a static magnetic field (Clause 15 of Part 1)*

A curve shall be given for each core type showing the inductance factor as a function of the static magnetomotive force.

5.3.3 *Total losses (Clause 11 of Part 1)*

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.

5.4 *Mechanical requirements*

The following mechanical requirements shall be specified:

5.4.1 The maximum force which the core must be able to withstand, without damage, and the method of application of the force. For cores consisting of more than one part, this force is normally related to the clamping force and applied in the same manner.

5.4.2 For cores with an adjusting device, the maximum force which the fixed part must be able to withstand without damage or loosening from the core.

5.4.3 For screw type adjusting devices, the maximum torque exerted on the adjuster placed against the end stop, if any, which the adjusting device shall be able to withstand without damage and without loosening of the fixed part.

5.5 *Article sheet format*

The article sheet shall contain the following information:

5.5.1 *Dimensions*

The dimensions shall be stated and shall be in accordance with the appropriate IEC publication where applicable. For details for specific core types, see any appropriate appendices to the present publication.

At least two of the five effective parameters and core constants, calculated in accordance with IEC Publication 205, shall be given: C_1 , C_2 , l_e , A_e and V_e (see Sub-clause 4.6). Most commonly used are C_1 , l_e and A_e .

5.5.2 *General information*

The following information shall be stated:

- reference to this publication,
- operating temperature range in deg C (Sub-clause 4.2.8). Standard ranges are: –40 °C to +70 °C, –25 °C to +70 °C and +5 °C to +55 °C,
- details of marking,
- when desirable, an indication of the general material characteristics (see IEC Publication 401, Information on Ferrite Materials Appearing in Manufacturers' Catalogues of Transformer and Inductor Cores).

5.5.3 Conditions de mesure

Les conditions générales suivantes doivent être données conformément aux paragraphes de la première partie de la présente publication, indiqués ci-dessous:

- température atmosphérique normalisée des essais d'arbitrage si elle n'est pas de 25°C (paragraphe 3.2 de la première partie),
- force de serrage (paragraphe 4.3 de la première partie).
- détails des bobines de mesure de l'inductance et des pertes, ou une référence à ces détails (paragraphe 7.2 et article 11 de la première partie),
- méthode de conditionnement magnétique (article 6 de la première partie).

Pour les détails supplémentaires sur les méthodes de mesure de type de circuit spécifiques, voir dans la présente publication les annexes appropriées.

5.5.4 Exigences de fonctionnement pour usage général

Les exigences de fonctionnement doivent être données sous la forme suivante. Les croix et les points représentent les valeurs à introduire. Les unités doivent être spécifiées. Le nombre des colonnes entre la colonne «sans entrefer» et la colonne «unité» n'est pas imposé.

Perméabilité effective initiale μ_e (paragraphe 5.3.1) nominale		Sans entrefer ¹⁾	+	+	+	Unité
A_L correspondant à μ_i (paragraphe 5.2.1) valeur nominale		+	+	+	+	+
Tolérance de A_L (sans dispositif de réglage)			+	+	+	%
Gamme de réglage (paragraphe 5.2.6)						
- bâtonnet de réglage N° ...	min.		+	+	+	%
	max.		+	+	+	%
- bâtonnet de réglage N° ...	min.		+	+	+	%
	max.		+	+	+	%
Fréquence de mesure	kHz					
Tension efficace appliquée	mV					
Coefficient de température ²⁾ de μ_e (paragraphe 5.2.5) dans la gamme de températures ³⁾						
de à °C	min.		+	+	+	+
	max.		+	+	+	+
de à °C	min.		+	+	+	+
	max.		+	+	+	+
En variante						
Facteur de température de μ_e dans la gamme de températures						
de à °C	min.	+				10 ⁻⁶ /°C
	max.	+				10 ⁻⁶ /°C
de à °C	min.	+				10 ⁻⁶ /°C
	max.	+				10 ⁻⁶ /°C
Fréquence de mesure	kHz					
Tension efficace appliquée	mV					
Facteur de désaccommodation (paragraphe 5.2.4)	max.	+				10 ⁻⁶
Pertes résiduelles et par courants de Foucault (paragraphe 5.2.2)	max.					
$\tan \delta_{r+F}$ max. ou $(\mu_e \times Q_{r+F})$ min.						
- à la fréquence de mesure	kHz	+				
- tension efficace appliquée	mV					
- à la fréquence de mesure	kHz	+				
- tension efficace appliquée	mV					
Coefficient d'hystérésis du matériau η_b (paragraphe 5.2.3)	max.	+				+
Fréquence de mesure	kHz					
Tension efficace appliquée:						
première mesure	mV					
deuxième mesure	mV					

¹⁾ - Les valeurs de cette colonne s'appliquent aux circuits dans lesquels les seuls entrefers dans le trajet du flux sont les entrefers résiduels dus aux surfaces de contact.

²⁾ - En variante, la variation totale de μ_e dans la (ou les) gamme(s) de températures peut être spécifiée.

³⁾ - Si les coefficients de température sont donnés dans plus d'une gamme de températures, ou si la gamme de températures est divisée en deux parties ou plus, chaque partie étant déterminée par un coefficient de température différent, ces coefficients doivent être donnés séparément.

5.5.3 Measuring conditions

The following general conditions shall be stated in accordance with the sub-clauses of Part 1 of this publication referred to hereafter:

- standard atmospheric temperature for referee tests if other than 25 °C (Sub-clause 3.2 of Part 1),
- clamping force (Sub-clause 4.3 of Part 1),
- details of measuring coils for inductance measurement and for loss measurement, or a reference to such details (Sub-clause 7.2 and Clause 11 of Part 1),
- method for magnetic conditioning (Clause 6 of Part 1).

For additional details applicable to specific core types, see the appropriate appendices to this present publication.

5.5.4 Performance requirements for general use

The performance requirements shall be given in the following form. The crosses and dots represent values to be inserted. The units used shall be stated. The number of columns between that for “No gaps” and that for “Unit” shall be as appropriate.

Initial effective permeability μ_e (Sub-clause 5.3.1) nominal		No gap ¹⁾	+	+	+	Unit
A_L corresponding to μ_i (Sub-clause 5.2.1) nominal		+	+	+	+	+
Tolerance on A_L (without adjusting device)			+	+	+	%
Range of adjustment (Sub-clause 5.2.6)						
– adjuster No.	min.		+	+	+	%
	max.		+	+	+	%
– adjuster No.	min.		+	+	+	%
	max.		+	+	+	%
Measuring frequency kHz						
Applied voltage (r.m.s.) mV						
Temperature coefficient ²⁾ of μ_e (Sub-clause 5.2.5) over the temperature range						
³⁾ to °C	min.		+	+	+	+
	max.		+	+	+	+
..... to °C	min.		+	+	+	+
	max.		+	+	+	+
Alternatively						
Temperature factor of μ_e over the temperature range						
..... to °C	min.	+				10 ⁻⁶ /°C
	max.	+				10 ⁻⁶ /°C
..... to °C	min.	+				10 ⁻⁶ /°C
	max.	+				10 ⁻⁶ /°C
Measuring frequency kHz						
Applied voltage (r.m.s.) mV						
Disaccommodation factor (Sub-clause 5.2.4)	max.	+				10 ⁻⁶
Residual and eddy current losses (Sub-clause 5.2.2)	max.					
$\frac{\tan \delta_r + F}{\mu_e}$ max. or $(\mu_e \times Q_r + F)$ min.		+				
– at measuring frequency kHz						
– applied voltage (r.m.s.) mV		+				
– at measuring frequency kHz						
– applied voltage (r.m.s.) mV						
Hysteresis material constant η_B (Sub-clause 5.2.3)	max.	+				+
Measuring frequency kHz						
Applied voltage (r.m.s.):						
first measurement mV						
second measurement mV						

¹⁾ – Values in this column apply to cores in which the only air gaps in the flux paths are the residual air gaps due to the contact surfaces.

²⁾ – Alternatively, the total variation of μ_e over the temperature range(s) may be given.

³⁾ – When temperature coefficients are given over more than one temperature range or when the temperature range is split in two or more parts each with a different temperature coefficient assigned to it, these shall be separately stated.

5.5.5 Information sur les caractéristiques de fonctionnement du circuit

Ces informations peuvent être ajoutées par le fabricant à sa discrétion ou peuvent être demandées par l'utilisateur. Les points suivants peuvent être considérés:

- valeurs moyennes de quelques caractéristiques mentionnées dans le paragraphe 5.5.4;
- paramètres des paragraphes 5.2 et 5.3 non mentionnés dans le paragraphe 5.5.4.

Il est recommandé que les fabricants donnent dans leurs publications, à titre d'information, des courbes de $\tan \delta$ et Q (y compris les pertes dans le cuivre et les autres pertes) à faible induction en fonction de la fréquence pour diverses constructions de bobine, qui couvrent la gamme de fréquences totale du circuit.

6. Noyaux pour transformateurs à large bande

6.1 Généralités

6.1.1 Ces informations s'appliquent spécifiquement aux noyaux sans entrefer ou avec un entrefer relativement petit, pour des transformateurs dont les pertes par insertion doivent être faibles et constantes dans une bande de fréquences relativement grande, à l'exception des transformateurs d'impulsions. Elles sont limitées aux géométries pour lesquelles les caractéristiques indiquées aux paragraphes 6.2 et 6.3 ont une signification quand on les mesure suivant la première partie. Cela n'est pas le cas, par exemple, pour des petits bâtonnets utilisés comme noyaux dans les transformateurs pour fréquences radioélectriques.

6.1.2 En plus de l'information donnée dans l'article 4, les points suivants doivent être considérés quand on établit des spécifications et des feuilles particulières pour des types de noyaux.

6.2 Information minimale des spécifications de noyaux

6.2.1 Réactance effective spécifique parallèle (article 7 de la première partie)

La valeur minimale de la réactance effective parallèle, par spire d'une bobine $\frac{X_p}{N^2}$ dans la gamme des températures de fonctionnement doit être indiquée à une valeur faible de l'induction magnétique et à une fréquence faible spécifiée, de préférence choisie dans les fréquences normalisées (paragraphe 4.4) en fonction de la gamme de fréquences du noyau.

Notes 1. – L'inductance spécifique minimale A_L^* peut être indiquée dans la gamme de fréquences où elle est pratiquement indépendante de la fréquence.

2. – Relation entre la réactance effective spécifique parallèle et l'inductance spécifique.

$$\frac{X_p}{N^2} = \omega A_L$$

6.2.2 Pertes totales (article 11 de la première partie)

1. Résistance effective spécifique parallèle

La valeur minimale de la résistance effective spécifique parallèle par spire d'une bobine $\frac{R_p}{N^2}$ dans la gamme des températures de fonctionnement doit être indiquée à deux ou plusieurs fréquences spécifiées, choisies de préférence dans les fréquences normalisées (paragraphe 4.4) en fonction de la gamme de fréquences du noyau, et à une valeur ou plus de l'induction.

Note. – Le facteur de résistance parallèle est utilisé lorsqu'il est important de considérer les pertes par insertion (transformateurs de télécommunication).

2. Pertes de puissance

En variante à (1), la valeur maximale des pertes totales P (en watts) dans la gamme des températures de fonctionnement doit être indiquée à une ou plusieurs fréquences spécifiées, choisies de préférence dans les fréquences normalisées (paragraphe 4.4) et à une ou plusieurs valeurs élevées de l'induction, en fonction des conditions d'utilisation de noyau.

Note. – Les pertes de puissance sont utilisées lorsqu'il est important de porter attention au dégagement de chaleur (transformateurs de puissance).

* Dans quelques pays, le facteur de tours α , étant le nombre de spires pour 1 mH, apparaît dans des spécifications. Cependant, l'utilisation de ce facteur n'est pas recommandée.

5.5.5 Information on performance characteristics of cores

This information may be added at the discretion of the manufacturer or may be requested by the user. It may cover:

- average values of some of the characteristics mentioned in Sub-clause 5.5.4,
- parameters of Sub-clauses 5.2 and 5.3 not mentioned in Sub-clause 5.5.4.

It is recommended that manufacturers, in their publications, add curves giving information on $\tan \delta$ or Q (including copper and other losses) for low flux density as a function of frequency for different coil constructions, which together cover the total frequency range of the core.

6. Cores for broad-band transformers

6.1 General

6.1.1 This information specifically applies to cores without air gap or with relatively small air gap for transformers, the insertion loss of which should be low and constant over a relatively large frequency band; pulse transformers are not included. It is restricted to those geometries for which the characteristics listed in Sub-clauses 6.2 and 6.3 are significant when measured in accordance with Part 1. This will not be the case, for example, for short rods used as cores in r.f. transformers.

6.1.2 In addition to the information mentioned in Clause 4, the following items shall be considered when drafting performance specifications and article sheets for these types of cores.

6.2 Minimum information in core specifications

6.2.1 Parallel reactance coefficient (Clause 7 of Part 1)

The minimum value of the effective parallel reactance per turn of a coil $\frac{X_p}{N^2}$ within the operating temperature range shall be stated for a vanishingly low value of the flux density and for a specified low frequency, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) depending on the frequency range of the core.

- Notes 1. – The minimum inductance factor A_L^* may be quoted for that frequency range where it is practically independent of frequency.
2. – Conversion between parallel reactance coefficient and inductance factor:

$$\frac{X_p}{N^2} = \omega A_L$$

6.2.2 Total losses (Clause 11 of Part 1)

1. Parallel resistance coefficient

The minimum value of the effective parallel resistance per turn of a coil $\frac{R_p}{N^2}$ within the operating temperature range shall be stated for two or more specified frequencies, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) depending on the frequency range of the core, and for one or more values of the flux density.

Note. – The parallel resistance coefficient is used when the insertion losses are of importance (telecommunication transformers).

2. Power loss

As an alternative to (1), the maximum value of the total losses P (in watts) within the operating temperature range shall be stated for one or more specified frequencies, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) and for one or more relatively high values of flux density, depending upon the intended conditions of use of the core.

Note. – The power loss is used when the heat development is of importance (power transformers).

* In some countries, turns factor α , being the number of turns for 1 mH, appears in specifications. The use of this factor is however not recommended.

6.3 Renseignements complémentaires sur les noyaux

(Voir aussi le paragraphe 4.6.)

6.3.1 Variation en fonction de la fréquence et de l'induction

1. On doit donner des courbes montrant des valeurs caractéristiques de la réactance effective spécifique parallèle et de la résistance effective spécifique parallèle en fonction de la fréquence, l'induction étant prise comme paramètre (voir paragraphe 6.2.1 et 6.2.2 (1)).
2. On doit donner des courbes montrant des valeurs caractéristiques des pertes de puissance en fonction de l'induction, la fréquence étant prise comme paramètre (voir le paragraphe 6.2.2(2)).

6.3.2 Influence d'un champ magnétique statique (article 15 de la première partie)

On doit donner des courbes montrant les valeurs caractéristiques de l'inductance spécifique parallèle correspondant à la perméabilité avec champ continu superposé en fonction de la force magnétomotrice continue pour différentes valeurs de l'entrefer et, si nécessaire, pour différentes valeurs de fréquence de l'induction alternative et de la température. Ceci peut être représenté aussi au moyen des courbes de Hanna*.

La force magnétomotrice continue doit être exprimée en ampères et les courbes doivent inclure des informations sur les deux valeurs suivantes de l'entrefer:

- entrefer minimal,
- entrefer tel que la réactance effective spécifique parallèle sans champ continu soit de 0,5 fois celle trouvée pour l'entrefer minimal.

6.3.3 Distorsion non linéaire (article 12 de la première partie)

La valeur maximale du taux d'harmonique troisième δ_B du matériau doit être indiquée pour des conditions atmosphériques normales d'essai et à une fréquence spécifiée.

6.3.4 Pertes par hystérésis (paragraphe 11.5 de la première partie)

La valeur maximale de la tangente de l'angle de pertes due à l'hystérésis, $\tan \delta_h$, doit être indiquée pour des conditions atmosphériques normales d'essai et à une fréquence spécifiée faible, choisie de préférence dans les fréquences normalisées (paragraphe 4.4), en fonction de la gamme de fréquences du noyau. En variante, le coefficient d'hystérésis du matériau η_B peut être spécifié.

Note. – La relation entre η_B et $\tan \delta_h$ est:

$$\eta_B = \frac{\tan \delta_h}{\mu_e \tilde{B}_e}$$

6.3.5 Courbe d'aimantation normale

La courbe d'aimantation normale (V.E.I. deuxième édition, N° 05-25-200; Edition anticipée du V.E.I., chapitre 901: Magnétisme: N° 901-02-18) doit être donnée, la température étant prise comme paramètre.

6.4 Exigences mécaniques

Les exigences mécaniques suivantes doivent être spécifiées:

La force maximale que le noyau doit supporter sans dommage, et la façon suivant laquelle cette force est appliquée au noyau. Pour les circuits magnétiques formés de plus d'une partie, cette force se rapporte normalement à la force de serrage et est appliquée de la même façon.

* Une courbe de Hanna est l'enveloppe des courbes qui donnent:

$$\frac{LI^2}{V_e} \text{ en fonction de } \frac{NI}{l_e}$$

ou I = le courant continu.

6.3 Additional information on cores

(See also Sub-clause 4.6.)

6.3.1 Dependence on frequency and flux density

1. Curves shall be given showing typical values of the parallel reactance coefficient and of the parallel resistance coefficient as a function of frequency, with the flux density as a parameter (see Sub-clauses 6.2.1 and 6.2.2 (1)).
2. Curves shall be given showing typical values of power loss as a function of the flux density, with the frequency as a parameter (see Sub-clause 6.2.2 (2)).

6.3.2 Influence of a static magnetic field (Clause 15 of Part 1)

Curves shall be given showing typical values of the parallel inductance factor corresponding to the incremental permeability as a function of the static magnetomotive force at various values of the air gap and, if necessary, at various values of frequency, incremental flux density and temperature. This can also be represented by the Hanna curve*.

The static magnetomotive force shall be expressed in amperes and the curves shall include information on the following two values of the air gap:

- minimum air gap,
- such air gap that the parallel reactance coefficient without static field is 0.5 times that found at minimum air gap.

6.3.3 Non-linear distortion (Clause 12 of Part 1)

The maximum value of the third harmonic material constant δ_B shall be stated for standard atmospheric conditions of testing and for a specified frequency.

6.3.4 Hysteresis losses (Sub-clause 11.5 of Part 1)

The maximum value of the tangent of the loss angle due to hysteresis, $\tan \delta_h$, shall be stated for standard atmospheric conditions of testing and at a specified low frequency, preferably chosen from the standard frequencies (Sub-clause 4.4) depending on the frequency range of the core. Alternatively, the material constant η_B may be specified.

Note. – Conversion between η_B and $\tan \delta_h$:

$$\eta_B = \frac{\tan \delta_h}{\mu_e B_e}$$

6.3.5 Normal magnetization curve

The normal magnetization curve (I.E.V. second edition, item 05-25-200; Advance Edition of the I.E.V., Chapter 901: Magnetism, item 901-02-18) shall be given with the temperature as parameter.

6.4 Mechanical requirements

The following mechanical requirements shall be specified:

The maximum force which the core must be able to withstand without damage, and the method of application of the force. For cores consisting of more than one part, this force is normally related to the clamping force and applied in the same manner.

* A Hanna curve is the envelope to the curves representing:

$$\frac{LI^2}{V_e} \text{ as a function of } \frac{NI}{l_e}$$

I = direct current.