

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60404-6

Deuxième édition
Second edition
2003-06

Matériaux magnétiques –

Partie 6:

**Méthodes de mesure des propriétés magnétiques
des matériaux métalliques et des matériaux en
poudre magnétiquement doux, aux fréquences
comprises entre 20 Hz et 200 kHz, sur des
échantillons en forme de tore**

Magnetic materials –

Part 6:

**Methods of measurement of the magnetic
properties of magnetically soft metallic and
powder materials at frequencies in the range
20 Hz to 200 kHz by the use of ring specimens**

© IEC 2003 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, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

| | |
|--|--------|
| AVANT-PROPOS | 4 |
| INTRODUCTION | 8 |
| 1 Domaine d'application..... | 10 |
| 2 Références normatives | 10 |
| 3 Principes généraux de mesure..... | 12 |
| 3.1 Eprouvette | 12 |
| 3.2 Enroulements | 14 |
| 4 Mesures de température | 14 |
| 5 Mesure de la perméabilité magnétique et de la courbe d'aimantation au moyen de la méthode du voltmètre-ampèremètre..... | 16 |
| 5.1 Introduction | 16 |
| 5.2 Appareillage et branchements | 16 |
| 5.3 Détermination de l'intensité du champ magnétique..... | 18 |
| 5.4 Détermination de l'induction magnétique | 20 |
| 5.5 Détermination de la perméabilité d'amplitude efficace et de la perméabilité d'amplitude relative | 20 |
| 5.6 Détermination de la courbe d'aimantation..... | 22 |
| 6 Mesure de la perte totale spécifique par la méthode du wattmètre | 22 |
| 6.1 Principe de la mesure | 22 |
| 7 Mesure des propriétés magnétiques au moyen d'un pont d'impédance numérique | 24 |
| 7.1 Principe de mesure..... | 24 |
| 7.2 Appareillage | 26 |
| 7.3 Mode opératoire | 26 |
| 7.4 Détermination de la perméabilité relative d'inductance en courant alternatif | 28 |
| 7.5 Détermination de la perte totale spécifique | 28 |
| 8 Mesure des propriétés magnétiques au moyen de méthodes numériques | 28 |
| 8.1 Introduction | 28 |
| 8.2 Appareils et branchements | 30 |
| 8.3 Forme de l'onde du courant d'aimantation | 30 |
| 8.4 Enroulement d'aimantation | 30 |
| 8.5 Détermination de l'intensité du champ magnétique | 30 |
| 8.6 Détermination de l'induction magnétique | 32 |
| 8.7 Détermination de la perméabilité relative en courant alternatif | 32 |
| 8.8 Détermination de la courbe d'aimantation en courant alternatif | 32 |
| 8.9 Détermination de la perte totale spécifique | 32 |
| 9 Incertitudes..... | 34 |
| 10 Rapport d'essai..... | 34 |
| Annexe A (informative) Lignes directrices relatives aux prescriptions pour les enroulements et l'instrumentation afin de minimiser les pertes complémentaires..... | 40 |
| Annexe B (informative) Maîtrise de la forme de l'onde sinusoïdale par moyens numériques | 42 |
| Bibliographie..... | 44 |

CONTENTS

| | |
|---|--------|
| FOREWORD | 5 |
| INTRODUCTION | 9 |
| 1 Scope | 11 |
| 2 Normative references | 11 |
| 3 General principles of measurement | 13 |
| 3.1 Test specimen | 13 |
| 3.2 Windings | 15 |
| 4 Temperature measurements | 15 |
| 5 Measurement of magnetic permeability and magnetization curve using the voltmeter-ammeter method | 17 |
| 5.1 Introduction..... | 17 |
| 5.2 Apparatus and connections | 17 |
| 5.3 Determination of magnetic field strength..... | 19 |
| 5.4 Determination of the magnetic flux density | 21 |
| 5.5 Determination of the r.m.s. amplitude permeability and the relative amplitude permeability | 21 |
| 5.6 Determination of magnetization curve..... | 23 |
| 6 Measurement of specific total loss by the wattmeter method | 23 |
| 6.1 Principle of measurement..... | 23 |
| 7 Measurement of magnetic properties using a digital impedance bridge | 25 |
| 7.1 Principle of measurement..... | 25 |
| 7.2 Apparatus | 27 |
| 7.3 Procedure..... | 27 |
| 7.4 Determination of the relative a.c. inductance permeability..... | 29 |
| 7.5 Determination of the specific total loss | 29 |
| 8 Measurement of magnetic properties using digital methods | 29 |
| 8.1 Introduction..... | 29 |
| 8.2 Apparatus and connections | 31 |
| 8.3 Magnetizing current waveform..... | 31 |
| 8.4 Magnetizing winding..... | 31 |
| 8.5 Determination of the magnetic field strength..... | 31 |
| 8.6 Determination of the magnetic flux density | 33 |
| 8.7 Determination of the relative a.c. permeability | 33 |
| 8.8 Determination of a.c. magnetization curve | 33 |
| 8.9 Determination of the specific total loss | 33 |
| 9 Uncertainties..... | 35 |
| 10 Test report..... | 35 |
| Annex A (informative) Guidance on requirements for windings and instrumentation in order to minimise additional losses | 41 |
| Annex B (informative) Sinusoidal waveform control by digital means | 43 |
| Bibliography | 45 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 6: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des matériaux métalliques et des matériaux en poudre magnétiquement doux, aux fréquences comprises entre 20 Hz et 200 kHz, sur des éprouvettes en forme de tore

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60404-6 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1986 et constitue une révision technique.

Le domaine d'application de la première édition a été étendu pour inclure tous les matériaux magnétiquement doux, à l'exception des ferrites. Le chapitre 1 de la première édition concernant les mesures en courant continu est couvert dans la CEI 60404-4 (1995) et son amendement 1 (2000).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 68/271/FDIS | 68/275/RVD |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

**Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties
of magnetically soft metallic and powder materials at frequencies
in the range 20 Hz to 200 kHz by the use of ring specimens**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60404-6 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1986 and constitutes a technical revision.

The scope of the first edition has been extended to include all magnetically soft materials except ferrites. Chapter 1 of the first edition relating to d.c. measurements is covered by IEC 60404-4 (1995) and its amendment 1 (2000).

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 68/271/FDIS | 68/275/RVD |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de février 2009 a été pris en considération dans cet exemplaire.

Withdrawn

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of February 2009 have been included in this copy.

Withdrawn

INTRODUCTION

Cette édition de la CEI 60404-6 a été préparée par le WG 2 dans le cadre du programme de maintenance des publications du TC 68. Les mesures en courant continu dans la première édition de cette norme sont maintenant couvertes par la CEI 60404-4 et son Amendement 1. La présente édition de la CEI 60404-6 inclut les mesures sur les matériaux en poudre magnétiquement doux. Puisque les mesures sur ces matériaux à hautes fréquences emploient certaines des techniques utilisées pour la mesure sur des composants magnétiques, il y a eu une active collaboration avec le CEI TC 51. Le CEI TC 51 a récemment commencé à publier la nouvelle série de normes CEI 62044, qui se composera de quatre parties. La CEI 62044-3 présente des méthodes de mesure des propriétés magnétiques à des niveaux élevés d'excitation, appropriées aux diverses applications des noyaux de ferrite, alors que la présente édition de la CEI 60404-6 couvre les prescriptions relatives aux mesures des matériaux à l'exception des ferrites, de façon que les deux normes ne se recouvrent pas.

Withdrawn

INTRODUCTION

This edition of IEC 60404-6 has been prepared by WG2 in the TC68 maintenance programme of publications. The d.c. measurements in the first edition of this standard are now covered in IEC 60404-4 and Amendment 1 to that standard. This edition of IEC 60404-6 includes measurements on magnetically soft powder materials. Since measurements on these materials at high frequencies employ some of the techniques used to measure magnetic components, there has been active collaboration with IEC TC51. IEC TC51 recently started to publish the new IEC 62044 series which will be composed of four parts. IEC 62044-3 presents methods of measurement of magnetic properties at high excitation levels appropriate to various ferrite core applications, whereas this edition of IEC 60404-6 covers the requirements of material measurements excluding ferrites, so that the two standards do not overlap.

Withdrawn

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 6: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des matériaux métalliques et des matériaux en poudre magnétiquement doux, aux fréquences comprises entre 20 Hz et 200 kHz, sur des éprouvettes en forme de tore

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60404 spécifie des méthodes de mesure des propriétés magnétiques en courant alternatif, dans la gamme de fréquences comprise entre 20 Hz et 200 kHz, pour les matériaux autres que les aciers électriques et les ferrites doux. Les matériaux couverts par la présente partie de la CEI 60404 incluent les alliages de spécialité énumérés dans la CEI 60404-8-6, les matériaux amorphes et nanocristallins, les pièces compressées et frittées et les pièces moulées par injection de métal énumérées dans la CEI 60404-8-9, les pièces moulées et les matériaux composites magnétiquement doux.

L'objet de la présente partie est de définir les principes généraux et les détails techniques de la mesure des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux au moyen des méthodes du tore. Pour les matériaux livrés sous forme de poudre, une éprouvette en forme d'anneau est réalisée par la méthode de compression appropriée pour ce matériau.

Les mesures magnétiques en courant continu sur les matériaux magnétiquement doux doivent être réalisées selon la méthode du tore de la CEI 60404-4. Les déterminations des caractéristiques magnétiques des composants magnétiquement doux doivent être réalisées selon la CEI 62044-3.

Normalement, les mesures doivent être réalisées à température ambiante de (23 ± 5) °C sur des éprouvettes en forme d'anneau qui ont été d'abord aimantées, puis désaimantées. Des mesures peuvent être faites pour d'autres gammes de températures, par accord entre le fournisseur et l'acheteur.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 62044-3:2000, *Noyaux en matériaux magnétiques doux – Méthodes de mesure – Partie 3: Propriétés magnétiques à niveau élevé d'excitation*

CEI 60404-2:1996, *Matériaux magnétiques – Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des tôles et bandes magnétiques au moyen d'un cadre Epstein*

CEI 60404-4:1995, *Matériaux magnétiques – Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques du fer et de l'acier*
Amendement 1:2000

CEI 60404-8-6:1999, *Matériaux magnétiques – Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux métalliques magnétiquement doux*

CEI 60404-8-9:1994, *Matériaux magnétiques – Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers – Section 9: Spécification des matériaux magnétiques doux frittés*

ISO/CEI *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, 1993

MAGNETIC MATERIALS –

Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties of magnetically soft metallic and powder materials at frequencies in the range 20 Hz to 200 kHz by the use of ring specimens

1 Scope

This part of IEC 60404 specifies methods for the measurement of a.c. magnetic properties of materials in the frequency range 20 Hz to 200 kHz other than electrical steels and soft ferrites. The materials covered by this part of IEC 60404 include those speciality alloys listed in IEC 60404-8-6, amorphous and nanocrystalline materials, pressed and sintered and metal injection moulded parts such as are listed in IEC 60404-8-9, cast parts and magnetically soft composite materials.

The object of this part is to define the general principles and the technical details of the measurement of the magnetic properties of magnetically soft materials by means of ring methods. For materials supplied in powder form, a ring test specimen is formed by the appropriate pressing method for that material.

DC magnetic measurements on magnetically soft materials shall be made in accordance with the ring method of IEC 60404-4. The determinations of the magnetic characteristics of magnetically soft components shall be made in accordance with IEC 62044-3.

Normally, the measurements shall be made at an ambient temperature of (23 ± 5) °C on ring test specimens which have first been magnetized, then demagnetized. Measurements can be made over other temperature ranges by agreement between supplier and purchaser.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62044-3:2000, *Cores made of soft magnetic materials – Measuring methods – Part 3: Magnetic properties at high excitation levels*

IEC 60404-2:1996, *Magnetic materials – Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel sheet and strip by means of an Epstein frame*

IEC 60404-4:1995, *Magnetic materials – Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of iron and steel*
Amendment 1:2000

IEC 60404-8-6:1999, *Magnetic materials – Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials*

IEC 60404-8-9:1994, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section 9: Standard specification for sintered soft magnetic materials*

ISO/IEC *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, 1993