



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Cores made of soft magnetic materials – Measuring methods –
Part 3: Magnetic properties at high excitation level**

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.030, 29.100.10

ISBN 978-2-8322-7172-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and symbols.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Symbols.....	12
4 General requirements for measurements at high excitation level	13
4.1 General statements.....	13
4.1.1 Relation to practice.....	13
4.1.2 Core effective parameters and material properties.....	13
4.1.3 Reproducibility of the magnetic state	13
4.2 Measuring coil	13
4.2.1 General	13
4.2.2 Number of turns.....	14
4.2.3 Single winding and double winding	14
4.3 Mounting of cores consisting of more than one part	15
4.4 Measuring equipment.....	15
5 Specimens.....	18
6 Measuring procedures	18
6.1 General procedure	18
6.2 Measuring method for the effective amplitude permeability	19
6.2.1 Purpose.....	19
6.2.2 Principle of the measurement	19
6.2.3 Circuit and equipment.....	19
6.2.4 Measuring procedure	19
6.2.5 Calculation	20
6.3 Measuring methods for the power loss	20
6.3.1 Purpose.....	20
6.3.2 Methods and principles of the measurements	20
7 Information to be stated.....	23
8 Test report.....	24
Annex A (informative) Basic circuits and related equipment for the measurement of amplitude permeability	25
Annex B (informative) Root-mean-square method for the measurement of power loss – Example of a circuit and related procedure	27
B.1 Method of measurement	27
B.2 Measuring coil	27
B.3 Measuring equipment.....	28
B.4 Measuring procedure	28
B.5 Pulse measurement and accuracy.....	29
Annex C (informative) Multiplying methods for the measurement of power loss – Basic circuits and related measurement procedures	30
C.1 Basic circuits	30
C.2 Requirements	31
C.3 Measuring coil	31

C.4	Accuracy	31
C.5	V-A-W (volt-ampere-watt) meter method	32
C.6	Impedance analyzer method	32
C.7	Digitizing method	32
C.8	Vector spectrum method	33
C.9	Cross-power method	33
Annex D (informative) Reflection method for the measurement of power loss – Basic circuit and related measurement procedures		34
D.1	Basic circuit	34
D.2	Requirements	34
D.3	Measuring coil	34
D.4	Measuring procedure and accuracy	35
Annex E (informative) Calorimetric measurement methods for the measurement of power loss		36
E.1	Basic circuit	36
E.2	Requirements	37
E.3	Measuring coil	37
E.4	Accuracy	37
E.5	Measurements at thermal equilibrium	37
E.5.1	General	37
E.5.2	Measurement across calibrated thermal resistance	37
E.5.3	Measurement by matching the temperature rise in the core and resistor	38
E.6	Measurements at non-thermal equilibrium	38
Annex F (normative) Magnetic properties under pulse condition		39
F.1	Object	39
F.2	Measurement methods	39
F.3	Principle of the methods	39
F.4	Specimens	39
F.5	Measuring coil	39
F.6	Measuring equipment	40
F.7	Measuring procedure	41
F.7.1	General	41
F.7.2	Measurement of pulse inductance factor and magnetizing current	42
F.7.3	Measurement of the non-linearity of the magnetizing current	43
F.8	Calculation	44
Annex G (informative) Examples of circuits for pulse measurements		46
Bibliography		47
Figure 1 – Pulse excitation without biasing field		10
Figure 2 – Pulse excitation with biasing field		10
Figure A.1 – Basic circuits for the measurement of amplitude permeability		26
Figure B.1 – Example of a measuring circuit for the RMS method		27
Figure C.1 – Basic circuits for multiplying methods		31
Figure D.1 – Basic circuit		34
Figure E.1 – Basic circuit and related measurement procedures – Measurement set-up		36
Figure F.1 – Voltage pulse parameters		42
Figure F.2 – Typical measuring waveforms		43

Figure F.3 – Non-linearity of magnetizing current.....	44
Figure G.1 – Measurement without bias and with single pulses.....	46
Figure G.2 – Measurement with bias and with repeated pulses.....	46
Table 1 – Some multiplying methods and related domains of excitation waveforms, acquisition, processing	21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CORES MADE OF SOFT MAGNETIC MATERIALS – MEASURING METHODS –

Part 3: Magnetic properties at high excitation level

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62044-3 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components, ferrite and magnetic powder materials. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2000. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) addition of Annex F and Annex G.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
51/1426/CDV	51/1439/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 62044 series, published under the general title *Cores made of soft magnetic materials – Measuring methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

INTRODUCTION

IEC 62044, under the general title *Cores made of soft magnetic materials – Measuring methods*, includes the following parts:

IEC 62044-1: Generic specification

IEC 62044-2: Magnetic properties at low excitation level

IEC 62044-3: Magnetic properties at high excitation level

CORES MADE OF SOFT MAGNETIC MATERIALS – MEASURING METHODS –

Part 3: Magnetic properties at high excitation level

1 Scope

This part of IEC 62044 specifies measuring methods for power loss and amplitude permeability of magnetic cores forming the closed magnetic circuits intended for use at high excitation levels in inductors, chokes, transformers and similar devices for power electronics applications.

The methods given in this document can cover the measurement of magnetic properties for frequencies ranging practically from direct current to 10 MHz, and even possibly higher, for the calorimetric and reflection methods. The applicability of the individual methods to specific frequency ranges is dependent on the level of accuracy that is to be obtained.

The methods in this document are basically the most suitable for sine-wave excitations. Other periodic waveforms can also be used; however, adequate accuracy can only be obtained if the measuring circuitry and instruments used are able to handle and process the amplitudes and phases of the signals involved within the frequency spectrum corresponding to the given magnetic flux density and field strength waveforms with only slightly degraded accuracy.

NOTE It can be necessary for some magnetically soft metallic materials to follow specific general principles, customary for these materials, related to the preparation of specimens and specified calculations. These principles are formulated in IEC 60404-8-6.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 62044-1:2002, *Cores made of soft magnetic materials – Measuring methods – Part 1: Generic specification*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
INTRODUCTION.....	53
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	54
3 Termes, définitions et symboles	54
3.1 Termes et définitions	54
3.2 Symboles.....	58
4 Exigences générales pour les mesures à niveau élevé d'excitation.....	59
4.1 Indications générales.....	59
4.1.1 Relation avec la pratique	59
4.1.2 Paramètres effectifs de noyau et propriétés des matériaux.....	59
4.1.3 Reproductibilité de l'état magnétique	59
4.2 Bobine de mesure.....	59
4.2.1 Généralités.....	59
4.2.2 Nombre de tours.....	60
4.2.3 Enroulement unique et enroulement double	60
4.3 Montage des noyaux constitués de plus d'une partie.....	61
4.4 Équipement de mesure	62
5 Éprouvettes	64
6 Procédures de mesure.....	64
6.1 Procédure générale	64
6.2 Méthode de mesure pour la perméabilité d'amplitude effective.....	65
6.2.1 Objet	65
6.2.2 Principe de mesure.....	66
6.2.3 Circuit et équipement.....	66
6.2.4 Procédure de mesure	66
6.2.5 Calcul.....	66
6.3 Méthodes de mesure pour la perte de puissance	67
6.3.1 Objet	67
6.3.2 Méthodes et principes des mesures.....	67
7 Informations à indiquer	70
8 Rapport d'essai	70
Annexe A (informative) Circuits de base et équipement lié pour la mesure de la perméabilité d'amplitude	71
Annexe B (informative) Méthode efficace pour la mesure de la perte de puissance – Exemple d'un circuit et procédure liée.....	73
B.1 Méthode de mesure	73
B.2 Bobine de mesure.....	73
B.3 Équipement de mesure	74
B.4 Procédure de mesure.....	74
B.5 Mesure d'impulsion et exactitude	75
Annexe C (informative) Méthodes par multiplication pour la mesure de la perte de puissance – Circuit de base et procédures de mesure liées	76
C.1 Circuits de base.....	76
C.2 Exigences	77
C.3 Bobine de mesure.....	77

C.4	Exactitude.....	77
C.5	Méthode par appareil de mesure V-A-W (volt-ampère-watt)	78
C.6	Méthode par analyseur d'impédance	78
C.7	Méthode par numérisation.....	78
C.8	Méthode par spectre vectoriel	79
C.9	Méthode par puissance croisée.....	79
Annexe D (informative) Méthode par réflexion pour la mesure de la perte de puissance – Circuit de base et procédures de mesure liées		80
D.1	Circuit de base.....	80
D.2	Exigences	80
D.3	Bobine de mesure.....	80
D.4	Procédure de mesure et exactitude.....	81
Annexe E (informative) Méthodes par mesure calorimétrique pour la mesure de la perte de puissance		82
E.1	Circuit de base.....	82
E.2	Exigences	83
E.3	Bobine de mesure.....	83
E.4	Exactitude.....	83
E.5	Mesures à l'équilibre thermique	83
E.5.1	Généralités	83
E.5.2	Mesure à travers la résistance thermique étalonnée	83
E.5.3	Mesure par adaptation de l'augmentation de température dans le noyau et la résistance	84
E.6	Mesures à équilibre non thermique	84
Annexe F (normative) Propriétés magnétiques dans des conditions d'impulsions		85
F.1	Objet.....	85
F.2	Méthodes de mesure	85
F.3	Principe des méthodes.....	85
F.4	Éprouvettes	85
F.5	Bobine de mesure.....	85
F.6	Équipement de mesure	86
F.7	Procédure de mesure.....	87
F.7.1	Généralités	87
F.7.2	Mesurage du facteur d'inductance de l'impulsion et du courant magnétisant.....	88
F.7.3	Mesurage de la non-linéarité du courant magnétisant	89
F.8	Calcul	90
Annexe G (informative) Exemples de circuits pour les mesures d'impulsions		92
Bibliographie.....		93
Figure 1 – Excitation par impulsions sans champ de polarisation		56
Figure 2 – Excitation par impulsions avec champ de polarisation		56
Figure A.1 – Circuits de base pour la mesure de la perméabilité d'amplitude		72
Figure B.1 – Exemple d'un circuit de mesure pour la méthode efficace		73
Figure C.1 – Circuits de base pour les méthodes par multiplication.....		77
Figure D.1 – Circuit de base		80
Figure E.1 – Circuit de base et procédures de mesure liées – Montage de mesure		82
Figure F.1 – Paramètres d'impulsion de tension.....		88

Figure F.2 – Formes d'onde de mesure types	89
Figure F.3 – Non-linéarité du courant magnétisant.....	90
Figure G.1 – Mesure sans polarisation et avec des impulsions uniques	92
Figure G.2 – Mesure avec polarisation et avec des impulsions répétées	92
Tableau 1 – Sélection de méthodes par multiplication et domaines liés de formes d'onde d'excitation, d'acquisition, de traitement	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NOYAUX EN MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES DOUX – MÉTHODES DE MESURE –

Partie 3: Propriétés magnétiques à niveau élevé d'excitation

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

L'IEC 62044-3 a été établie par le comité d'études 51 de l'IEC: Composants magnétiques, ferrites et matériaux en poudre magnétique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2000. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) ajout de l'Annexe F et de l'Annexe G.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
51/1426/CDV	51/1439/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62044, publiées sous le titre général *Noyaux en matériaux magnétiques doux – Méthodes de mesure*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

L'IEC 62044, publiée sous le titre général *Noyaux en matériaux magnétiques doux – Méthodes de mesure*, comprend les parties suivantes:

IEC 62044-1: Spécification générique

IEC 62044-2: Propriétés magnétiques à niveau d'excitation faible

IEC 62044-3: Propriétés magnétiques à niveau élevé d'excitation

NOYAUX EN MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES DOUX – MÉTHODES DE MESURE –

Partie 3: Propriétés magnétiques à niveau élevé d'excitation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62044 spécifie les méthodes de mesure de la perte de puissance et de la perméabilité d'amplitude des noyaux magnétiques qui forment les circuits magnétiques fermés destinés à être utilisés à des niveaux élevés d'excitation dans les bobines d'inductance, les bobines d'arrêt, les transformateurs et les dispositifs similaires pour les applications d'électronique de puissance.

Les méthodes contenues dans le présent document peuvent couvrir les mesures des propriétés magnétiques pour des fréquences qui s'étendent dans la pratique du courant continu à 10 MHz, voire éventuellement au-dessus, pour les méthodes calorimétrique et par réflexion. L'applicabilité des différentes méthodes à des plages de fréquences spécifiques dépend du niveau d'exactitude à obtenir.

Les méthodes du présent document sont fondamentalement les mieux adaptées aux excitations sinusoïdales. D'autres formes d'onde périodiques peuvent également être utilisées; cependant, une exactitude appropriée peut être obtenue seulement si les circuits et les instruments de mesure utilisés sont capables de prendre en compte et de traiter les amplitudes et les phases des signaux concernés dans le spectre de fréquences qui correspond à l'induction magnétique indiquée et aux formes d'onde de champ magnétique avec une exactitude à peine dégradée.

NOTE Pour certains matériaux métalliques magnétiques doux, il peut être nécessaire de suivre des principes généraux spécifiques et normaux pour ces matériaux, liés à la préparation des éprouvettes et des calculs spécifiés. Ces principes sont énoncés dans l'IEC 60404-8-6.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 62044-1:2002, *Noyaux en matériaux magnétiques doux – Méthodes de mesure – Partie 1: Spécification générique*