NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61788-9

Première édition
First edition
2005-04

Supraconductivité –

Partie 9:
Mesures pour supraconducteurs haute température massifs – Densité de flux résiduel des oxydes supraconducteurs à gros grains

Superconductivity –

Part 9:
Measurements for bulk high temperature superconductors – Trapped flux density of large grain oxide superconductors

© IEC 2005 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 Varembé, 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 R

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 Termes et définitions 10
4 Principe 10
5 Exigences 14
6 Appareillage 16
7 Procédure de mesure 18
8 Précision et justesse de la méthode d'essai 18
9 Rapport d'essai 20

Annexe A (informative) Informations complémentaires relatives aux Articles 3 à 6 22
Annexe B (informative) Mesures de la force de lévitation des supraconducteurs haute température massifs 28
Annexe C (informative) Rapport d'essai (exemple) 34

Bibliographie 38

Figure 1 – Principe de la densité de flux résiduel dans un supraconducteur massif 12
Figure 2 – Vue schématique de l'installation expérimentale 14
Figure A.1 – Dépendance de l'épaisseur de la densité de flux résiduel (B_Z) 22
Figure A.2 – Dépendance de l'entrefer du champ magnétique 26
Figure C.1 – Carte de distribution de densité de flux résiduel 36

CONTENTS

FOREWORD....5
INTRODUCTION....9

1 Scope....11
2 Normative references....11
3 Terms and definitions....11
4 Principle....11
5 Requirements....15
6 Apparatus....17
7 Measurement procedure....19
8 Precision and accuracy of the test method....19
9 Test report....21

Annex A (informative) Additional information related to Clauses 3 to 6....23
Annex B (informative) Measurements for levitation force of bulk high temperature superconductors....29
Annex C (informative) Test report (example)....35

Bibliography....39

Figure 1 – Principle of trapped flux density in bulk superconductor....13
Figure 2 – Schematic view of the experimental set-up....15
Figure A.1 – Thickness dependence of the trapped flux density (B_Z)....23
Figure A.2 – Gap dependence of the field strength....27
Figure C.1 – Distribution map of trapped flux density....37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 9: Mesures pour supraconducteurs haute température massifs – Densité de flux résiduel des oxydes supraconducteurs à gros grains

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 61788-9 a été établie par le Comité d'Etudes 90 de la CEI: Supraconductivité.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/167/FDIS	90/175/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

_____

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 9: Measurements for bulk high temperature superconductors – Trapped flux density of large grain oxide superconductors

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61788-9 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

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

FDIS	Report on voting
90/167/FDIS	90/175/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.

La CEI 61788 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Supra-conductivité:*

Partie 1: Mesure du courant critique – Courant critique continu de supraconducteurs en composite Cu/Nb-Ti

Partie 2: Mesure du courant critique – Courant critique continu des supraconducteurs composites Nb_3Sn

Partie 3: Mesure du courant critique – Courant critique continu des oxydes supraconducteurs Bi-2212 et Bi-2223 avec gaine en argent

Partie 4: Mesure de la résistivité résiduelle – Taux de résistivité résiduelle des supraconducteurs composites au Nb-Ti

Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteurs – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs de Cu/Nb-Ti

Partie 6: Mesure des propriétés mécaniques – Test de tension à température ambiante des composites supraconducteurs de Cu/Nb-Ti

Partie 7: Mesures des caractéristiques électroniques – Résistance de surface des supraconducteurs aux hyperfréquences

Partie 8: Mesure des pertes en courant alternatif – Méthode de mesure par bobines de détection des pertes totales en courant alternatif des fils composites supraconducteurs de Cu/Nb-Ti exposés à un champ magnétique alternatif transverse

Partie 9: Mesures pour supraconducteurs haute température massifs – Densité de flux résiduel des oxydes supraconducteurs à gros grains

Partie 10: Mesure de la température critique – Température critique des composites supraconducteurs Nb-Ti, Nb_3Sn ainsi que des oxydes supraconducteurs à base Bi par une méthode par résistance

Partie 11: Mesure du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb_3Sn

Partie 12: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/non-cuivre des fils en composite supraconducteur Nb_3Sn

Partie 13: Mesure des pertes en courant alternatif – Méthodes de mesure par magnétomètre des pertes par hystérésis dans les composites multifilamentaires de Cu/Nb-T

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IEC 61788 consists of the following parts, under the general title *Superconductivity*:

Part 1: Critical current measurement – DC critical current of Cu/Nb-Ti composite superconductors

Part 2: Critical current measurement – DC critical current of Nb_3Sn composite superconductors

Part 3: Critical current measurement – DC critical current of Ag-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors

Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti composite superconductors

Part 5: Matrix to superconductor volume ratio measurement – Copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconductors

Part 6: Mechanical properties measurement – Room temperature tensile test of Cu/Nb-Ti composite superconductors

Part 7: Electronic characteristic measurements – Surface resistance of superconductors at microwave frequencies

Part 8: AC loss measurements – Total AC loss measurement of Cu/Nb-Ti composite superconducting wires exposed to a transverse alternating magnetic field by a pickup coil method

Part 9: Measurements for bulk high temperature superconductors – Trapped flux density of large grain oxide superconductors

Part 10: Critical temperature measurement – Critical temperature of Nb-Ti, Nb_3Sn, and Bi-system oxide composite superconductors by a resistance method

Part 11: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb_3Sn composite superconductors

Part 12: Matrix to superconductor volume ratio measurement – Copper to non-copper volume ratio of Nb_3Sn composite superconducting wires

Part 13: AC loss measurements – Magnetometer methods for hysteresis loss in Cu/Nb-Ti multifilamentary composites

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Les supraconducteurs haute température massifs (BHTSC: Bulk High Temperature Superconductors) à gros grains offrent bien des possibilités pour différentes applications techniques, comme les paliers magnétiques, les systèmes de stockage d'énergie à volant, les transports de charge, la lévitation, et les aimants à densité de flux résiduel. Les supraconducteurs à gros grains sont déjà mis sur le marché dans le monde entier.

Pour les applications industrielles des supraconducteurs massifs, il y a deux propriétés de matériaux importantes. L'une est la force de lévitation, qui détermine le poids que peut supporter un supraconducteur massif. L'autre est la densité de flux résiduel, qui détermine le champ maximal que peut générer un supraconducteur massif. Il faut que les utilisateurs de supraconducteurs massifs connaissent ces valeurs pour concevoir leurs dispositifs. Cependant, ces valeurs sont fortement dépendantes de la méthode d'essai utilisée, et, par conséquent, il est vraiment très important de mettre en place une norme internationale pour déterminer ces valeurs à la fois pour les fabricants et les utilisateurs industriels de supraconducteurs massifs.

La méthode d'essai traitée dans cette norme est basée sur le travail préparatoire à la normalisation du VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards) sur les propriétés des supraconducteurs haute température massifs.

INTRODUCTION

Large grain bulk high temperature superconductors (BHTSC) have significant potential for a variety of engineering applications, such as magnetic bearings, flywheel energy storage systems, load transports, levitation, and trapped flux density magnets. Large grain superconductors have already been brought to market worldwide.

For industrial applications of bulk superconductors, there are two important material properties. One is the magnetic levitation force, which determines the tolerable weight supported by a bulk superconductor. The other is the trapped flux density, which determines the maximum field that a bulk superconductor can generate. The users of bulk superconductors must know these values for the design of their devices. However, these values are strongly dependent on the testing method, and therefore it is critically important to set up an international standard for the determination of these values both for manufacturers and industrial users.

The test method covered in this standard is based on the VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards) pre-standardization work on the properties of bulk high temperature superconductors.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 9: Mesures pour supraconducteurs haute température massifs – Densité de flux résiduel des oxydes supraconducteurs à gros grains

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 spécifie une méthode d'essai pour la détermination du champ résiduel (densité de flux résiduel) des supraconducteurs haute température massifs.

La présente Norme internationale s'applique aux oxydes supraconducteurs à gros grains ayant des formes bien définies telles que les disques et les pastilles rectangulaires et hexagonales. La densité de flux résiduel peut être déterminée pour des températures comprises entre 4,2 K et 90 K. Pour les besoins de la normalisation, la densité de flux résiduel sera consignée pour la température de l'azote liquide.

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 60050(815):2000, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 815: Supraconductivité*

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 9: Measurements for bulk high temperature superconductors – Trapped flux density of large grain oxide superconductors

1 Scope

This part of IEC 61788 specifies a test method for the determination of the trapped field (trapped flux density) of bulk high temperature superconductors.

This International Standard is applicable to large grain bulk oxide superconductors that have well defined shapes such as round discs, rectangular, and hexagonal pellets. The trapped flux density can be assessed at temperatures from 4,2 K to 90 K. For the purpose of standardization, the trapped flux density will be reported for liquid nitrogen temperature.

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 60050(815):2000, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 815: Superconductivity*