NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61788-10

Deuxième édition
Second edition
2006-08

Supraconductivité –

Partie 10:
Mesure de la température critique – Température critique des composites supraconducteurs par une méthode par résistance

Superconductivity –

Part 10:
Critical temperature measurement – Critical temperature of composite superconductors by a resistance method

© IEC 2006 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 N

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 Détermination de la température critique 10
5 Exigences 12
6 Appareillage 12
7 Procédure de mesure 14
8 Détermination de T_c 18
9 Exactitude et stabilité 18
10 Rapport d'essai 18

Annexe A (informative) Informations supplémentaires relatives à la mesure de la température critique 24

Figure 1 – Détermination de la température critique (T_c) 20
Figure 2 – Courbes types de tension en fonction de la température pour le premier et le second passage 22

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 9

1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Terms and definitions 11
4 Determination of critical temperature 11
5 Requirements 13
6 Apparatus 13
7 Measurement procedure 15
8 T_C determination 19
9 Accuracy and stability 19
10 Test report 19

Annex A (informative) Additional information relating to measurement of critical temperature 25

Figure 1 – Determination of critical temperature (T_c) 21
Figure 2 – Typical voltage versus temperature curves for first and second runs 23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 10: Mesure de la température critique – Température critique des composites supraconducteurs par une méthode par résistance

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 61788-10 a été établie par le comité d'études 90 de la CEI: Supraconductivité.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2002. Cette édition constitue une révision technique. Les principaux changements introduits par cette nouvelle édition consistent dans le fait qu'un plus grand nombre de composites supraconducteurs sont couverts par cette norme, i.e. les composites supraconducteurs Cu/Nb_3Al et les MgB_2 à gaine métallique, et les conducteurs avec couche d'Yttrium ou de terre rare ont été ajoutés. De plus, des modifications techniques ont été apportées aux dimensions de l'embase et à la définition de la contrainte en flexion.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 10: Critical temperature measurement – Critical temperature of composite superconductors by a resistance method

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 61788-10 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2002. It constitutes a technical revision. Modifications made to the second edition mostly increase covered composite superconductors in this standard, i.e. Cu/Nb_3Al and metal-sheathed MgB_2 composite superconductors and Yttrium- or rare-earth-based coated conductors are added. Furthermore, examples of technical change made are the base plate dimension and definition of the bending strain.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/191/FDIS	90/194/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61788, présentées sous le titre général *Supraconductivité,* peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

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

FDIS	Report on voting
90/191/FDIS	90/194/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.

A list of all parts of the IEC 61788 series, published under the general title *Superconductivity,* can be found on the IEC website.

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

Outre le courant critique et les champs critiques, la température critique est une caractéristique importante et fondamentale des matériaux supraconducteurs. De même, la température critique est importante pour les applications pratiques des supraconducteurs dans la mesure où, si elle est supérieure, la marge de température est plus large et la consommation d'énergie de refroidissement est plus faible. Il est ainsi urgent de disposer d'une méthode normalisée de mesure de la température critique, ce qui présente des avantages certains pour les utilisateurs de conducteurs.

Il existe nombre de méthodes d'essai permettant de mesurer la température critique des supraconducteurs: la méthode par résistance, les méthodes de mesure de la susceptibilité en courant continu qui utilisent les magnétomètres à SQUID et VSM (à échantillon vibrant), les méthodes de mesure de la susceptibilité en courant alternatif ainsi que les méthodes de mesure de la chaleur massique, etc.

Il est généralement admis que les méthodes d'essai, autres que la méthode par résistance, sont plus sensibles et apportent plus d'informations que la méthode d'essai par résistance; par ailleurs, elles conviennent mieux aux matériaux non homogènes, aux films épais et minces ainsi qu'aux matériaux en vrac et aux poudres, pour lesquels la méthode par résistance est difficile à mettre en oeuvre.

La méthode de mesure par la résistance est néanmoins utilisée dans la présente Norme internationale. Ceci parce qu'elle est plus simple, plus fiable et applicable à la plupart des composites supraconducteurs pour utilisation industrielle.

Le cadre général de la présente norme a été principalement élaboré par la Japan Fine Ceramics Association (Association japonaise des fabricants de céramique de pointe), organisme membre du TWA16 (matériaux supraconducteurs) du VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards). Les révisions structurelles de ce cadre général ont principalement été entreprises par le Centre des Matériaux Nouveaux (New Materials Center) sous la supervision du Comité National Japonais et du VAMAS.

INTRODUCTION

In addition to critical current and critical field, critical temperature is an important, basic property of materials that exhibit superconductivity. Also, critical temperature is practically important in applications of superconductors, since the higher the critical temperature is, the larger is temperature margin and the lower the cooling power consumption. Thus, standardization of the measurement method of critical temperature is quite beneficial to conductor users and is urgently required.

There are a lot of test methods to measure the critical temperature of superconductors, including the resistance method, d.c. susceptibility methods using a SQUID magnetometer and VSM (vibrating-sample magnetometer), a.c. susceptibility methods, specific heat methods etc.

Test methods, other than the resistance method, may generally be more sensitive and informative compared to the resistance method and may be more appropriate for non-homogeneous materials or for thick films, thin films, bulks and powders, for which the resistance method is difficult to apply.

In this International Standard, however, the resistance measurement method is employed. This is because the resistance method is simpler and more reliable and can be applied to most of the composite superconductors in industrial use.

The outline of this standard was basically prepared by the Japan Fine Ceramics Association, a member institution of VAMAS (Versailles Project on Advanced Materials and Standards), TWA16 (Superconducting materials). The extensive revisions of the outline were primarily made by the New Materials Center supervised by the Japan National Committee and VAMAS.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 10: Mesure de la température critique – Température critique des composites supraconducteurs par une méthode par résistance

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 décrit une méthode d'essai permettant de déterminer par résistivité la température critique des composites supraconducteurs pour utilisation industrielle.

La présente norme couvre des composites supraconducteurs tels que les Cu/Nb-Ti, les Cu/Cu-Ni/Nb-Ti, les Cu-Ni/Nb-Ti, les Cu/Nb_3Sn, les Cu/Nb_3Al, les MgB_2 à gaine métallique, les oxydes supraconducteurs à base Bi stabilisés au métal, ainsi que les conducteurs avec couche d'Yttrium ou de terre rare qui ont une structure monolithique et se présentent sous la forme de fils ronds ou de rubans plats ou carrés constitués de supraconducteurs monofilamentaires ou multifilamentaires.

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, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 815*: *Supra-conductivité*

CEI 61788-4, *Supraconductivité – Partie 4: Mesure des taux de résistance résiduelle – Taux de résistance résiduelle des composites supraconducteurs de Nb-Ti (disponible en anglais seulement)*

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 10: Critical temperature measurement – Critical temperature of composite superconductors by a resistance method

1 Scope

This part of IEC 61788 specifies a test method for the resistive determination of the critical temperature of composite superconductors for industrial use.

The composite superconductors covered in this standard include Cu/Nb-Ti, Cu/Cu-Ni/Nb-Ti and Cu-Ni/Nb-Ti composite superconductors, Cu/Nb_3Sn and Cu/Nb_3Al composite superconductors, and metal-sheathed MgB_2 composite superconductors, and metal-stabilized Bi-system oxide superconductors and Yttrium- or rare-earth-based coated conductors that have a monolithic structure and a shape of round, flat or square wire containing mono- or multi-cores of superconductors.

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

IEC 61788-4, *Superconductivity – Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti composite superconductors*