IEC 61788-11

Edition 2.0 2011-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX S

ICS 17.220; 29.050

ISBN 978-2-88912-581-4

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 3
INTRODUCTION 5
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms and definitions 6
4 Requirements 7
5 Apparatus 7
5.1 Material of measuring base plate 7
5.2 Length of the measuring base plate 7
5.3 Cryostat for the resistance, R_2, measurement 7
6 Specimen preparation 8
7 Data acquisition and analysis 8
7.1 Resistance (R_1) at room temperature 8
7.2 Resistance (R_2) just above the superconducting transition 8
7.3 Residual resistance ratio (*RRR*) 10
8 Uncertainty and stability of the test method 11
8.1 Temperature 11
8.2 Voltage measurement 11
8.3 Current 11
8.4 Dimension 11
9 Test report 11
9.1 *RRR* value 11
9.2 Specimen 11
9.3 Test conditions 12
Annex A (informative) Additional information relating to the measurement of *RRR* 13
Annex B (informative) Uncertainty considerations 15
Annex C (informative) Uncertainty evaluation in test method of *RRR* for Nb_3Sn 19

Figure 1 – Relationship between temperature and resistance 7
Figure 2 – Voltage (*U*) versus temperature (*T*) curves and definitions of each voltage 9

Table B.1 – Output signals from two nominally identical extensometers 16
Table B.2 – Mean values of two output signals 16
Table B.3 – Experimental standard deviations of two output signals 16
Table B.4 – Standard uncertainties of two output signals 17
Table B.5 – Coefficient of variations of two output signals 17
Table C.1 – Uncertainty of each measurement 20
Table C.2 – Obtained values of R_1, R_2 and *RRR* for three Nb_3Sn samples 21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 11: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb_3Sn composite 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 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) 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 61788-11 has been prepared by IEC Technical Committee 90: Superconductivity.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. It constitutes a technical revision. The main revisions are the addition of two new annexes, "Uncertainty considerations" (Annex B) and "Uncertainty evaluation in test method of RRR for Nb_3Sn" (Annex C).

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

FDIS	Report on voting
90/268/FDIS	90/279/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 stability 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

Copper or aluminium is used as stabilizer material in multifilamentary Nb_3Sn superconductors and works as an electrical shunt when the superconductivity is interrupted. It also contributes to recovery of the superconductivity by conducting the heat generated in the superconductor to the surrounding coolant. The resistivity of copper used in the composite superconductor in the cryogenic temperature region is an important quantity which influences the stability of the superconductor. The residual resistance ratio is defined as a ratio of the resistance of the superconductor at room temperature to that just above the superconducting transition.

In this International Standard, the test method for the residual resistance ratio of Nb_3Sn composite superconductors is described. The curve method is employed for the measurement of the resistance just above the superconducting transition. Other methods are described in Clause A.3.

SUPERCONDUCTIVITY –

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

1 Scope

This part of IEC 61788 covers a test method for the determination of the residual resistance ratio (*RRR*) of Nb_3Sn composite superconductors. This method is intended for use with superconductor specimens that have a monolithic structure with rectangular or round cross-section, *RRR* less than 350 and cross-sectional area less than 3 mm^2, and have received a reaction heat-treatment. Ideally, it is intended that the specimens be as straight as possible; however, this is not always the case, thus care must be taken to measure the specimen in its as received condition. All measurements are done without an applied magnetic field.

The method described in the body of this standard is the “reference” method and optional acquisition methods are outlined in Clause A.3.

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 – Part 815: Superconductivity*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 23
INTRODUCTION 25
1 Domaine d'application 26
2 Références normatives 26
3 Termes et définitions 26
4 Exigences 27
5 Appareillage 27
5.1 Matériau de l'embase de mesure 27
5.2 Longueur de l'embase de mesure 27
5.3 Cryostat pour la mesure de la résistance R_2 27
6 Préparation de l'éprouvette 28
7 Acquisition et analyse des données 28
7.1 Résistance (R_1) à température ambiante 28
7.2 Résistance (R_2) immédiatement supérieure à la transition supraconductrice 28
7.3 Rapport de résistance résiduelle (*RRR*) 30
8 Incertitude et stabilité de la méthode d'essai 31
8.1 Température 31
8.2 Mesure de tension 31
8.3 Courant 31
8.4 Dimension 31
9 Rapport d'essai 31
9.1 Valeur de *RRR* 31
9.2 Eprouvette 31
9.3 Conditions d'essai 32
Annexe A (informative) Informations supplémentaires concernant la mesure du *RRR* 33
Annexe B (informative) Considérations relatives à l'incertitude 35
Annexe C (informative) Evaluation de l'incertitude de la méthode d'essai de *RRR* de Nb_3Sn 40

Figure 1 – Rapport entre la température et la résistance. 27
Figure 2 – Courbes de la tension (*U*) en fonction de la température (*T*) et définitions de chaque tension 29

Tableau B.1 – Signaux de sortie de deux extensomètres nominalement identiques 36
Tableau B.2 – Valeurs moyennes de deux signaux de sortie 36
Tableau B.3 – Ecarts-types expérimentaux de deux signaux de sortie 36
Tableau B.4 – Incertitudes-types de deux signaux de sortie 37
Tableau B.5 – Coefficient de variation de deux signaux de sortie 37
Tableau C.1 – Incertitude de chaque mesure 42
Tableau C.2 – Valeurs obtenues de R_1, R_2 e*t RRR* pour trois échantillons de Nb_3Sn. 42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

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

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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61788-11 a été établie par le comité d'études 90 de la CEI: Supraconductivité.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2003, dont elle constitue une révision technique. Les principales révisions sont l'ajout de deux nouvelles annexes, « Considérations relatives à l'incertitude » (Annexe B) et « Evaluation de l'incertitude de la méthode d'essai de RRR de Nb3Sn » (Annexe C).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/268/FDIS	90/279/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, publiées 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 stabilité 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.

INTRODUCTION

Le cuivre ou l'aluminium sont utilisés comme stabilisateurs dans les supraconducteurs multifilamentaires de Nb_3Sn et fonctionnent comme une dérivation électrique lorsque la supraconductivité est interrompue. Ils contribuent également à la reprise de la supraconductivité en dirigeant la chaleur générée dans le supraconducteur vers le fluide de refroidissement environnant. La résistivité du cuivre utilisé dans les supraconducteurs composites dans la zone de température cryogénique est une grandeur importante qui influe sur la stabilité du supraconducteur. Le rapport de résistance résiduelle est défini comme le rapport entre la résistance du supraconducteur à température ambiante et celle immédiatement supérieure à la transition supraconductrice.

La présente Norme internationale décrit la méthode d'essai relative au rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs composites de Nb_3Sn. La méthode des courbes est utilisée pour mesurer la résistance immédiatement supérieure à la transition supraconductrice. D'autres méthodes sont décrites à l’Article A.3.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 spécifie une méthode d'essai pour la détermination du rapport de résistance résiduelle (*RRR*) des supraconducteurs composites de Nb_3Sn. Cette méthode est destinée à être utilisée avec des éprouvettes de supraconducteurs présentant une structure monolithique avec une section rectangulaire ou circulaire, un rapport *RRR* inférieur à 350 et une surface de section inférieure à 3 mm^2, et qui ont reçu un traitement thermique de réaction. Dans l'absolu, il est prévu que les éprouvettes soient aussi droites que possible; cependant, ce n'est pas toujours le cas, c'est pourquoi il faut s'assurer que la mesure est effectuée sur des éprouvettes en l'état de livraison. Toutes les mesures sont effectuées sans appliquer de champ magnétique.

La méthode décrite dans le corps de texte de la présente norme est la méthode de « référence » et des méthodes d'acquisition facultatives sont présentées à l'Article A.3.

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 – Partie 815: Supraconductivité*