IEC 61788-5

Edition 2.0 2013-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Supraconductivité – Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX T

ICS 17.220.20; 29.050

ISBN 978-2-83220-831-1

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.

® 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 Principle 7
5 Chemicals 7
6 Apparatus 7
7 Measurement procedure 8
7.1 Quantity of specimen 8
7.2 Removal of insulating cover material 8
7.3 Cleaning 8
7.4 Drying 8
7.5 Measurement of specimen mass and its repetition 8
7.6 Dissolving copper 8
7.7 Cleaning and drying the Nb-Ti filaments 9
7.8 Measurement of dissolved specimen mass and its repetition 9
7.9 Procedural repetition for second specimen 10
8 Calculation of results 10
9 Uncertainty of the test method 10
10 Test report 11
10.1 Identification of test specimen 11
10.2 Report of copper to superconductor volume ratio 11
10.3 Report of test conditions 11
Annex A (normative) Copper to superconductor volume ratio – copper mass method 12
Annex B (informative) Specific mass depending on Nb-Ti fraction 14
Annex C (information) Mechanical removal of insulating cover materials 15
Annex D (informative) Second etch of specimen 16
Annex E (informative) Uncertainty considerations 17
Annex F (informative) Uncertainty evaluation in the test method of copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconductors 22

Table B.1 – Specific mass of Nb-Ti 14
Table E.1 – Output signals from two nominally identical extensometers 18
Table E.2 – Mean values of two output signals 18
Table E.3 – Experimental standard deviations of two output signals 18
Table E.4 – Standard uncertainties of two output signals 19
Table E.5 – Coefficient of variations of two output signals 19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –

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

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 61788-5 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2000. It constitutes a technical revision. The main revisions are the addition of two new annexes, "Uncertainty considerations" (Annex E) and "Uncertainty evaluation in test method of copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconductors" (Annex F).

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

FDIS	Report on voting
90/321/FDIS	90/324/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

The copper to superconductor volume ratio of composite superconductors is used mainly to calculate the critical current density of superconducting wires. The test with the method given in this International Standard may be used to provide part of the information needed to determine the suitability of a specific superconductor. Moreover, this method is useful for quality control, acceptance or research testing if the precautions given in this standard are observed.

The test method given in this International Standard is based on the condition that the specific mass of Nb-Ti is known or the Nb-Ti alloy fraction is known and Annex B can be used to estimate the specific mass. If the specific mass of Nb-Ti is unknown and the Nb-Ti alloy fraction is unknown and/or the fraction of Nb barrier is unknown, another method to determine the copper to superconductor volume ratio of composite superconductors is described in Annex A.

SUPERCONDUCTIVITY –

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

1 Scope

This part of IEC 61788 covers a test method for the determination of copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconducting wires.

This test method and the alternate method in Annex A are intended for use with Cu/Nb-Ti composite superconducting wires with a cross-sectional area of 0,1 mm^2 to 3 mm^2, a diameter of the Nb-Ti filament(s) of 2 μm to 200 μm, and a copper to superconductor volume ratio of 0,5 or more.

The Cu/Nb-Ti composite test conductor discussed in this method has a monolithic structure with a round or rectangular cross-section. This test method is carried out by dissolving the copper with nitric acid. Deviations from this test method that are allowed for routine tests and other specific restrictions are given in this standard.

Cu/Nb-Ti composite superconducting wires beyond the limits in the cross-sectional area, the filament diameter and the copper to superconductor volume ratio could be measured with this present method with an anticipated reduction of uncertainty. Other, more specialized, specimen test geometries may be more appropriate for conductors beyond the limits and have been omitted from this present standard for simplicity and to retain low uncertainty.

The test method given in this standard is expected to apply to other superconducting composite wires after some appropriate modifications.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

SOMMAIRE

INTRODUCTION 29
1 Domaine d'application 30
2 Références normatives 30
3 Termes et définitions 30
4 Principe 31
5 Produit chimiques 31
6 Appareillage 31
7 Mode opératoire de mesure 32
7.1 Quantité d'éprouvette 32
7.2 Retrait du matériau de recouvrement isolant 32
7.3 Nettoyage 32
7.4 Séchage 32
7.5 Mesure du poids de l'éprouvette et sa répétition 32
7.6 Dissolution du cuivre 33
7.7 Nettoyage et séchage des filaments de Nb-Ti 33
7.8 Mesure du poids de l'éprouvette dissoute et sa répétition 34
7.9 Répétition procédurale pour la seconde éprouvette 34
8 Calcul des résultats 34
9 Incertitude de la méthode d'essai 35
10 Rapport d'essai 35
10.1 Identification de l'échantillon d'essai 35
10.2 Indication du rapport volumique cuivre/supraconducteur 35
10.3 Rapport des conditions d'essai 36
Annexe A (normative) Rapport volumique cuivre/supraconducteur – Méthode de la masse de cuivre 37
Annexe B (informative) Masse spécifique en fonction de la fraction de Nb-Ti 39
Annexe C (information) Retrait mécanique des matériaux de recouvrement isolants 40
Annexe D (informative) Seconde attaque de l'éprouvette 41
Annexe E (informative) Considérations relatives à l'incertitude 42
Annexe F (informative) Évaluation de l'incertitude de la méthode d'essai de rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs Cu/Nb-Ti 47

Tableau B.1 – Masse spécifique de Nb-Ti 39
Tableau E.1 – Signaux de sortie de deux extensomètres nominalement identiques 43
Tableau E.2 – Valeurs moyennes de deux signaux de sortie 43
Tableau E.3 – Écarts types expérimentaux de deux signaux de sortie 44
Tableau E.4 – Incertitudes types de deux signaux de sortie 44
Tableau E.5 – Coefficient de variation de deux signaux de sortie 44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti

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 61788-5 a été établie par le comité d'études 90 de la CEI: Supraconductivité.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2000, dont elle constitue une révision technique. Les principales révisions sont l'ajout de deux nouvelles annexes, «Considérations relatives à l'incertitude» (Annexe E) et «Évaluation de l'incertitude de la méthode d'essai du rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs Cu/Nb-Ti» (Annexe F).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/321/FDIS	90/324/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, publiée sous le titre général *Supraconductivité*, figure 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 rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs est utilisé principalement pour calculer la densité de courant critique des fils supraconducteurs. L'essai effectué avec la méthode donnée dans la présente Norme internationale peut être utilisé pour fournir une partie des informations nécessaires pour déterminer la pertinence d'un supraconducteur spécifique. De plus, cette méthode est utile pour le contrôle qualité, l'essai d'acceptation ou de recherche si les précautions données dans cette norme sont observées.

La méthode d'essai donnée dans cette Norme internationale est fondée sur la connaissance de la masse spécifique de Nb-Ti ou de la fraction d'alliage Nb-Ti et on peut utiliser l'Annexe B pour estimer la masse spécifique. Si la masse spécifique de Nb-Ti est inconnue et si la fraction d'alliage Nb-Ti est inconnue et/ou si la fraction de barrière de Nb est inconnue, une autre méthode est décrite à l'Annexe A permettant de déterminer le rapport volumique cuivre/supraconducteur des composites supraconducteurs.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 5: Mesure du rapport volumique matrice/supraconducteur – Rapport volumique cuivre/supraconducteur des fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 spécifie une méthode d'essai pour déterminer le rapport volumique cuivre/supraconducteur de fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti.

Cette méthode d'essai et l'autre méthode de l'Annexe A sont destinées à être utilisées avec des fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti ayant une section de 0,1 mm^2 à 3 mm^2, un diamètre du ou des filaments de Nb-Ti de 2 μm à 200 μm et un rapport volumique cuivre/supraconducteur supérieur ou égal à 0,5.

Le conducteur d'essai composite Cu/Nb-Ti présenté dans cette méthode possède une structure monolithique avec une section ronde ou rectangulaire. Cette méthode d'essai est réalisée en dissolvant le cuivre dans de l'acide nitrique. Les écarts par rapport à cette méthode d'essai qui sont admis pour les essais périodiques et les autres restrictions spécifiques sont mentionnés dans la présente norme.

Les fils en composite supraconducteur Cu/Nb-Ti dépassant les limites de la section, du diamètre de filament et du rapport volumique cuivre/supraconducteur peuvent être mesurés avec la présente méthode au moyen d'une réduction d'incertitude anticipée. D'autres géométries d'éprouvettes plus spécialisées peuvent être plus appropriées à des conducteurs dépassant les limites et ont été omises de la présente norme pour la simplifier et pour conserver une faible incertitude.

On s'attend à appliquer la méthode d'essai donnée dans cette norme à d'autres fils en composite supraconducteur après y avoir apporté certaines modifications appropriées.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international* (disponible à. <http://www.electropedia.org>)