IEC 61788-4

Edition 5.0 2020-03

REDLINE VERSION

colour inside

Superconductivity – Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ICS 17.220.20; 29.050

ISBN 978-2-8322-8033-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 2
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Principle 8
5 Apparatus 8
5.1 Material of measurement mandrel or of measurement base plate 8
5.2 Diameter of the measurement mandrel and length of the measurement base plate 9
5.3 Cryostat for the resistance (R_2) measurement 9
6 Specimen preparation 9
7 Data acquisition and analysis 9
7.1 Resistance (R_1) at room temperature 9
7.2 Resistance (R_2 or R_2^*) just above the superconducting transition 10
7.2.1 Correction of strain effect 10
7.2.2 Data acquisition of cryogenic resistance 10
7.2.3 Optional acquisition methods 12
7.3 Correction on measured R_2^* of Nb-Ti composite superconductor for bending strain 12
7.4 Residual resistance ratio (RRR) 13
8 Uncertainty and stability of the test method 13
8.1 Temperature 13
8.2 Voltage 13
8.3 Current 13
8.4 Dimension 13
9 Test report 14
9.1 RRR value 14
9.2 Specimen 14
9.3 Test conditions 15
9.3.1 Measurements of R_1 and R_2 15
9.3.2 Measurement of R_1 15
9.3.3 Measurement of R_2 15
Annex A (informative) Additional information relating to the measurement of RRR 16
A.1 Recommendation on specimen mounting orientation 16
A.2 Alternative methods for increasing temperature of specimen above superconducting transition temperature 16
A.3 Alternative measurement methods of R_2 or R_2^* 16
A.4 Bending strain dependency of RRR for Nb-Ti composite superconductor 19
A.5 Procedure of correction of bending strain effect 22
Annex B (informative) Uncertainty considerations 24
B.1 Overview 24
B.2 Definitions 24

B.3 Consideration of the uncertainty concept 24
B.4 Uncertainty evaluation example for IEC TC 90 standards 26
Annex C (informative) Uncertainty evaluation in test method of RRR for Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors 28
C.1 Evaluation of uncertainty 28
C.2 Summary of round robin test of RRR of a Nb-Ti composite superconductor 31
C.3 Reason for large COV value in the intercomparison test on Nb_3Sn composite superconductor 32
Bibliography 34

Figure 1 – Relationship between temperature and resistance 8
Figure 2 – Voltage versus temperature curves and definitions of each voltage 11
Figure A.1 – Definition of voltages 18
Figure A.2 – Bending strain dependency of RRR value for pure Cu matrix of Nb-Ti composite superconductors (comparison between measured values and calculated values) 20
Figure A.3 – Bending strain dependency of RRR value for round Cu wires 20
Figure A.4 – Bending strain dependency of normalized RRR value for round Cu wires 21
Figure A.5 – Bending strain dependency of RRR value for rectangular Cu wires 21
Figure A.6 – Bending strain dependency of normalized RRR value for rectangular Cu wires 22
Figure C.1 – Distribution of observed r_{RRR} of Cu/Nb-Ti composite superconductor 32

Table A.1 – Minimum diameter of the measurement mandrel for round wires 22
Table A.2 – Minimum diameter of the measurement mandrel for rectangular wires 22
Table B.1 – Output signals from two nominally identical extensometers 25
Table B.2 – Mean values of two output signals 25
Table B.3 – Experimental standard deviations of two output signals 25
Table B.4 – Standard uncertainties of two output signals 26
Table B.5 – COV values of two output signals 26
Table C.1 – Uncertainty of each measurement 31
~~Table C.2 – Obtained values of R_1, R_2 and r_{RRR} for three Nb_3Sn samples .....~~
Table C.2 – Obtained values of RRR for six Nb_3Sn specimens 33
Table C.3 – Average, standard deviation and coefficient of variation for six specimens 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and 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.

DISCLAIMER
This Redline version is not an official Standard and is intended to provide the user with an indication of what changes have been made to the previous version. Only the IEC International Standard provided in this package is to be considered the official Standard.

This Redline version provides you with a quick and easy way to compare all the changes between this standard and its previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

International Standard IEC 61788-4 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

a) change in the suitable distance of voltage taps on the specimen for reliable measurement,
b) new report on the result of the round robin test of the residual resistance ratio of Nb_3Sn superconductors that proves the validity of the measurement method in this standard,
c) revision of the confusing definitions of the copper ratio and copper fraction.

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

FDIS	Report on voting
90/448/FDIS	90/451/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 website 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Copper, Cu/Cu-Ni or aluminium is used as matrix material in ~~Nb-Ti~~ Ni-Ti and Nb_3Sn composite superconductors and works as an electrical shunt when the superconductivity is interrupted. It also contributes to recovery of the superconductivity by conducting heat generated in the superconductor to the surrounding coolant. The cryogenic-temperature resistivity of copper is an important quantity, which influences the stability and AC losses 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.

This document specifies the test method for residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors. 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 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors

1 Scope

This part of IEC 61788 specifies a test method for the determination of the residual resistance ratio (RRR) of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors with Cu, Cu-Ni, Cu/Cu-Ni and Al matrix in a strain-free condition and zero external magnetic field. This method is intended for use with superconductor specimens that have a monolithic structure with rectangular or round cross-section, RRR value less than 350, and cross-sectional area less than 3 mm^2. In the case of Nb_3Sn, the specimens have received a reaction heat-treatment.

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 60050-815, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 815: Superconductivity* (available at: www.electropedia.org)

IEC 61788-4

Edition 5.0 2020-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Superconductivity – Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors

Supraconductivité – Partie 4: Mesurage du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des composites supraconducteurs de Nb-Ti et de Nb_3Sn



IEC 61788-4:2020-03(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Principle 8
5 Apparatus 8
5.1 Material of measurement mandrel or of measurement base plate 8
5.2 Diameter of the measurement mandrel and length of the measurement base plate 9
5.3 Cryostat for the resistance (R_2) measurement 9
6 Specimen preparation 9
7 Data acquisition and analysis 9
7.1 Resistance (R_1) at room temperature 9
7.2 Resistance (R_2 or R_2^*) just above the superconducting transition 10
7.2.1 Correction of strain effect 10
7.2.2 Data acquisition of cryogenic resistance 10
7.2.3 Optional acquisition methods 12
7.3 Correction on measured R_2^* of Nb-Ti composite superconductor for bending strain 12
7.4 Residual resistance ratio (RRR) 12
8 Uncertainty and stability of the test method 13
8.1 Temperature 13
8.2 Voltage 13
8.3 Current 13
8.4 Dimension 13
9 Test report 13
9.1 RRR value 13
9.2 Specimen 14
9.3 Test conditions 14
9.3.1 Measurements of R_1 and R_2 14
9.3.2 Measurement of R_1 15
9.3.3 Measurement of R_2 15
Annex A (informative) Additional information relating to the measurement of RRR 16
A.1 Recommendation on specimen mounting orientation 16
A.2 Alternative methods for increasing temperature of specimen above superconducting transition temperature 16
A.3 Alternative measurement methods of R_2 or R_2^* 16
A.4 Bending strain dependency of RRR for Nb-Ti composite superconductor 19
A.5 Procedure of correction of bending strain effect 22
Annex B (informative) Uncertainty considerations 24
B.1 Overview 24
B.2 Definitions 24

B.3 Consideration of the uncertainty concept 24
B.4 Uncertainty evaluation example for IEC TC 90 standards 26
Annex C (informative) Uncertainty evaluation in test method of RRR for Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors 28
C.1 Evaluation of uncertainty 28
C.2 Summary of round robin test of RRR of a Nb-Ti composite superconductor 31
C.3 Reason for large COV value in the intercomparison test on Nb_3Sn composite superconductor 32
Bibliography 34

Figure 1 – Relationship between temperature and resistance 8
Figure 2 – Voltage versus temperature curves and definitions of each voltage 11
Figure A.1 – Definition of voltages 18
Figure A.2 – Bending strain dependency of RRR value for pure Cu matrix of Nb-Ti composite superconductors (comparison between measured values and calculated values) 20
Figure A.3 – Bending strain dependency of RRR value for round Cu wires 20
Figure A.4 – Bending strain dependency of normalized RRR value for round Cu wires 21
Figure A.5 – Bending strain dependency of RRR value for rectangular Cu wires 21
Figure A.6 – Bending strain dependency of normalized RRR value for rectangular Cu wires 22
Figure C.1 – Distribution of observed r_{RRR} of Cu/Nb-Ti composite superconductor 32

Table A.1 – Minimum diameter of the measurement mandrel for round wires 22
Table A.2 – Minimum diameter of the measurement mandrel for rectangular wires 22
Table B.1 – Output signals from two nominally identical extensometers 25
Table B.2 – Mean values of two output signals 25
Table B.3 – Experimental standard deviations of two output signals 25
Table B.4 – Standard uncertainties of two output signals 26
Table B.5 – COV values of two output signals 26
Table C.1 – Uncertainty of each measurement 31
Table C.2 – Obtained values of RRR for six Nb_3Sn specimens 32
Table C.3 – Average, standard deviation and coefficient of variation for six specimens 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and 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 61788-4 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

a) change in the suitable distance of voltage taps on the specimen for reliable measurement,
b) new report on the result of the round robin test of the residual resistance ratio of Nb_3Sn superconductors that proves the validity of the measurement method in this standard,
c) revision of the confusing definitions of the copper ratio and copper fraction.

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

FDIS	Report on voting
90/448/FDIS	90/451/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 website 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Copper, Cu/Cu-Ni or aluminium is used as matrix material in Ni-Ti and Nb_3Sn composite superconductors and works as an electrical shunt when the superconductivity is interrupted. It also contributes to recovery of the superconductivity by conducting heat generated in the superconductor to the surrounding coolant. The cryogenic-temperature resistivity of copper is an important quantity, which influences the stability and AC losses 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.

This document specifies the test method for residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors. 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 4: Residual resistance ratio measurement – Residual resistance ratio of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors

1 Scope

This part of IEC 61788 specifies a test method for the determination of the residual resistance ratio (RRR) of Nb-Ti and Nb_3Sn composite superconductors with Cu, Cu-Ni, Cu/Cu-Ni and Al matrix in a strain-free condition and zero external magnetic field. This method is intended for use with superconductor specimens that have a monolithic structure with rectangular or round cross-section, RRR value less than 350, and cross-sectional area less than 3 mm^2. In the case of Nb_3Sn, the specimens have received a reaction heat-treatment.

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 60050-815, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 815: Superconductivity* (available at: www.electropedia.org)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 38
INTRODUCTION 40
1 Domaine d’application 41
2 Références normatives 41
3 Termes et définitions 41
4 Principe 42
5 Appareillage 42
5.1 Matériau du mandrin de mesure ou de l’embase de mesure 42
5.2 Diamètre du mandrin de mesure et longueur de l'embase de mesure 43
5.3 Cryostat pour le mesurage de la résistance (R_2) 43
6 Préparation de l'éprouvette 43
7 Acquisition et analyse des données 43
7.1 Résistance (R_1) à température ambiante 43
7.2 Résistance (R_2 ou R_2^*) juste au-dessus de la transition supraconductrice 44
7.2.1 Correction de l'effet contrainte/déformation 44
7.2.2 Acquisition des données de la résistance cryogénique 44
7.2.3 Méthodes d’acquisition facultatives 46
7.3 Correction de R_2^* mesurée d’un composite supraconducteur de Nb-Ti pour une flexion 47
7.4 Rapport de résistance résiduelle (RRR) 47
8 Incertitude et stabilité de la méthode d'essai 47
8.1 Température 47
8.2 Tension 47
8.3 Courant 47
8.4 Dimension 48
9 Rapport d’essai 48
9.1 Valeur du RRR 48
9.2 Éprouvette 48
9.3 Conditions d’essai 49
9.3.1 Mesurage de R_1 et R_2 49
9.3.2 Mesurage de R_1 49
9.3.3 Mesurage de R_2 49
Annexe A (informative) Informations supplémentaires concernant le mesurage du RRR 50
A.1 Recommandation concernant l'orientation du montage de l'éprouvette 50
A.2 Autres méthodes pour augmenter la température d'une éprouvette au-dessus de la température de transition supraconductrice 50
A.3 Autres méthodes de mesure de R_2 ou R_2^* 51
A.4 Dépendance du RRR vis-à-vis de la flexion du composite supraconducteur de Nb-Ti 53
A.5 Mode opératoire de correction de l'effet contrainte/déformation de flexion 56
Annexe B (informative) Considérations relatives à l'incertitude 58
B.1 Vue d’ensemble 58
B.2 Définitions 58

B.3 Considérations relatives au concept d'incertitude 59
B.4 Exemple d'évaluation d'incertitude pour les normes du comité d'études 90 de l'IEC 60
Annexe C (informative) Évaluation de l'incertitude de la méthode d'essai du RRR pour des composites supraconducteurs de Nb-Ti et Nb_3Sn 63
C.1 Évaluation de l'incertitude 63
C.2 Résumé de l'essai interlaboratoire du RRR d'un composite supraconducteur de Nb-Ti 66
C.3 Justification de la valeur de COV élevée dans l'essai interlaboratoire du composite supraconducteur de Nb_3Sn 67
Bibliographie 69

Figure 1 – Rapport entre la température et la résistance 42
Figure 2 – Courbes de la tension en fonction de la température et définitions de chaque tension 45
Figure A.1 – Définition des tensions 52
Figure A.2 – Dépendance de la valeur du RRR vis-à-vis de la flexion pour la matrice en cuivre pur des composites supraconducteurs de Nb-Ti (comparaison entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées) 54
Figure A.3 – Dépendance de la valeur du RRR vis-à-vis de la flexion pour des fils de cuivre circulaires 54
Figure A.4 – Dépendance de la valeur normalisée du RRR vis-à-vis de la flexion pour des fils de cuivre circulaires 55
Figure A.5 – Dépendance de la valeur du RRR vis-à-vis de la flexion pour des fils de cuivre rectangulaires 55
Figure A.6 – Dépendance de la valeur normalisée du RRR vis-à-vis de la flexion pour des fils de cuivre rectangulaires 56
Figure C.1 – Distribution du r_{RRR} observé du composite supraconducteur de Cu/Nb-Ti 67

Tableau A.1 – Diamètre minimal du mandrin de mesure pour les fils circulaires 56
Tableau A.2 – Diamètre minimal du mandrin de mesure pour les fils rectangulaires 56
Tableau B.1 – Signaux de sortie de deux extensomètres nominalement identiques 59
Tableau B.2 – Valeurs moyennes de deux signaux de sortie 59
Tableau B.3 – Écarts types expérimentaux de deux signaux de sortie 60
Tableau B.4 – Incertitudes types de deux signaux de sortie 60
Tableau B.5 – Valeurs du COV de deux signaux de sortie 60
Tableau C.1 – Incertitude de chaque mesurage 66
Tableau C.2 – Valeurs obtenues du RRR pour six éprouvettes Nb_3Sn 68
Tableau C.3 – Moyenne, écart type et coefficient de variation des six éprouvettes 68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 4: Mesurage du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des composites supraconducteurs de Nb-Ti et de Nb_3Sn

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 61788-4 a été établie par le comité d'études 90 de l'IEC: Supraconductivité.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) modification de la distance adéquate des prises de tension sur les éprouvettes pour un mesurage fiable,

b) nouveau rapport du résultat de l'essai interlaboratoire du rapport de résistance résiduelle des supraconducteurs Nb_3Sn qui atteste de la validité de la méthode de mesure utilisée dans la présente norme,

c) révision des définitions prêtant à confusion concernant le rapport entre le cuivre et la fraction de cuivre.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
90/448/FDIS	90/451/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de la présente norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61788, publiées sous le titre général *Supraconductivité,* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le cuivre, Cu/Cu-Ni ou l'aluminium est utilisé comme matériau de matrice dans les composites supraconducteurs de Ni-Ti et de Nb_3Sn et fonctionne comme un shunt électrique lorsque la supraconductivité est interrompue. Il contribue également à la reprise de la supraconductivité en dirigeant la chaleur générée dans le supraconducteur vers le fluide de refroidissement environnant. La résistivité à la température cryogénique du cuivre est une grandeur importante qui influe sur la stabilité et les pertes en courant alternatif du supraconducteur. Le rapport de résistance résiduelle est défini comme le rapport de la résistance du supraconducteur à température ambiante à celle juste au-dessus de la transition supraconductrice.

Le présent document spécifie la méthode d'essai relative au rapport de résistance résiduelle des composites supraconducteurs de Nb-Ti et de Nb_3Sn. La méthode des courbes est utilisée pour mesurer la résistance juste au-dessus de la transition supraconductrice. D'autres méthodes sont décrites en A.3.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 4: Mesurage du rapport de résistance résiduelle – Rapport de résistance résiduelle des composites supraconducteurs de Nb-Ti et de Nb_3Sn

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61788 spécifie une méthode d'essai pour la détermination du rapport de résistance résiduelle (RRR) des composites supraconducteurs de Nb-Ti et de Nb_3Sn avec une matrice de Cu, Cu-Ni, Cu/Cu-Ni et Al dans une condition sans contrainte et dans un champ magnétique externe nul. Cette méthode est destinée à être utilisée avec des éprouvettes de supraconducteurs présentant une structure monolithique avec une section rectangulaire ou circulaire, un RRR de valeur inférieure à 350 et une surface de section inférieure à 3 mm^2. Dans le cas de Nb_3Sn, les éprouvettes ont subi un traitement thermique de réaction.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60050-815, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Partie 815: Supraconductivité* (disponible sous: www.electropedia.org)