IEC 61788-14

Edition 1.0 2010-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Superconductivity – Part 14: Superconducting power devices – General requirements for characteristic tests of current leads designed for powering superconducting devices

Supraconductivité – Partie 14 : Dispositifs supraconducteurs de puissance – Exigences générales pour les essais de caractéristiques d'amenées de courant conçues pour alimenter des dispositifs supraconducteurs

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX U

ICS 29.050

ISBN 978-2-8322-1468-8

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 Principles ... 7
5 Characteristic test items ... 8
6 Characteristic test methods ... 9
6.1 Structure inspection ... 9
6.2 Stress/strain effect test ... 10
6.3 Thermal property test ... 10
6.4 Rated current-carrying test ... 11
6.5 Contact resistance test ... 12
6.6 Voltage drop test ... 12
6.7 High voltage test ... 12
6.8 Pressure drop test ... 13
6.9 Leak tightness test ... 13
6.10 Safety margin test ... 14
7 Reporting ... 15
8 Precautions ... 15
Annex A (informative) Supplementary information relating to Clauses 1 to 8 ... 16
Annex B (informative) Typical current leads ... 18
Annex C (informative) Explanation figures to facilitate understanding of test methods ... 22
Annex D (informative) Test items and methods for a HTS component ... 24
Bibliography ... 26

Figure B.1 – Schematic diagram of self-cooled normal conducting current leads ... 18
Figure B.2 – Schematic diagram of forced flow cooled normal conducting current leads ... 19
Figure B.3 – Schematic diagram of current leads composed of forced flow cooled normal conducting section and HTS section in vacuum environment ... 19
Figure B.4 – Schematic diagram of current leads composed of forced flow cooled normal conducting section and HTS section in GHe environment ... 20
Figure B.5 – Schematic diagram of current leads composed of LN_2/GN_2/GHe cooled normal conducting section and self-sufficient evaporated helium cooled HTS section ... 20
Figure B.6 – Schematic diagram of current leads composed of conduction cooled normal conducting section and HTS section ... 21
Figure C.1 – Schematic drawing of a temperature profile during the rated current-carrying test ... 22
Figure C.2 – Schematic drawing of a pressure dependency of the breakdown voltage in the Paschen tightness test ... 22
Figure C.3 – Schematic drawing of a time dependency of the voltage rise at the quench test ... 23

Table 1 – Characteristic test items and test execution stages for current leads ... 9
Table D.1 – Characteristic test items for a HTS component ... 24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 14: Superconducting power devices – General requirements for characteristic tests of current leads designed for powering superconducting devices

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 61788-14 has been prepared by IEC technical committee 90: Superconductivity.

This bilingual version (2014-03) corresponds to the monolingual English version, published in 2010-06.

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

FDIS	Report on voting
90/244/FDIS	90/250/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

Current leads are indispensable components of superconducting devices in practical uses such as MRI diagnostic equipment, NMR spectrometers, single crystal growth devices, SMES, particle accelerators such as Tevatron, HERA, RHIC and LHC, experimental test instruments for nuclear fusion reactors, such as ToreSupra, TRIAM, LHD, EAST, KSTAR, W7-X, JT-60SA and ITER, etc., and of advanced superconducting devices in the near future in practical uses such as magnetic levitated trains, superconducting fault current limiters, superconducting transformers, etc.

The major functions of current leads are to power high currents into superconducting devices and to minimize the overall heat load, including heat leakage from room temperature to cryogenic temperature and Joule heating through current leads. For this purpose, current leads are dramatically effective for lowering the overall heat load to use the high temperature superconducting component as a part of the current leads.

On the other hand, the current lead technologies applied to superconducting devices depend on each application, as well as on the manufacturer's experience and accumulated know-how. Due to their use as component parts, it is difficult to judge the compatibility, flexibility between devices, convenience, overall economical efficiency, etc of current leads. This may impede progress in the growth and development of superconducting equipment technology and its application to commercial activities, which is a cause for concern.

Consequently, it is judged industrially effective to clarify the definition of current leads to be applied to superconducting devices and to standardize the common characteristic test methods in a series of general rules.

SUPERCONDUCTIVITY –

Part 14: Superconducting power devices – General requirements for characteristic tests of current leads designed for powering superconducting devices

1 Scope

This part of IEC 61788 provides general requirements for characteristic tests of conventional as well as superconducting current leads to be used for powering superconducting equipment.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60071-1, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60137, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 30
INTRODUCTION 32
1 Domaine d'application 33
2 Références normatives 33
3 Termes et définitions 33
4 Principes 34
5 Éléments des essais de caractéristiques 35
6 Méthodes d'essai de caractéristiques 36
6.1 Inspection de la structure 36
6.2 Essai d'effet de contraintes/déformations 37
6.3 Essai de propriété thermique 37
6.4 Essai de courant limite assigné 38
6.5 Essai de résistance de contact 39
6.6 Essai de chute de tension 39
6.7 Essai à haute tension 40
6.8 Essai de chute de pression 40
6.9 Essai d'étanchéité aux fuites 40
6.10 Essai de marge de sécurité 41
7 Rapport 42
8 Précautions 42
Annexe A (informative) Informations complémentaires concernant les Articles 1 à 8 44
Annexe B (informative) Amenées de courant types 46
Annexe C (informative) Figures explicatives destinées à faciliter la compréhension des méthodes d'essai 52
Annexe D (informative) Éléments et méthodes d'essai pour un composant HTS 55
Bibliographie 57

Figure B.1 – Dessin schématique d'amenées de courant conductrices normales auto-refroidies 46
Figure B.2 – Dessin schématique d'amenées de courant conductrices normales refroidies par écoulement forcé 47
Figure B.3 – Dessin schématique d'amenées de courant constituées d'une section conductrice normale refroidie par écoulement forcé et d'une section HTS dans un environnement sous vide 48
Figure B.4 – Dessin schématique d'amenées de courant constituées d'une section conductrice normale refroidie par écoulement forcé et d'une section HTS dans un environnement de GHe 49
Figure B.5 – Dessin schématiques d'amenées de courant constituées d'une section conductrice normale refroidie par LN_2/GN_2/GHe et d'une section HTS refroidie par hélium évaporé autosuffisante 50
Figure B.6 – Dessin schématique d'amenées de courant constituées d'une section conductrice normale refroidie par conduction et d'une section HTS 51
Figure C.1 – Dessin schématique d'un profil de température pendant l'essai de courant limite assigné 52
Figure C.2 – Dessin schématique de la dépendance de la tension de claquage par rapport à la pression dans l'essai d'étanchéité de Paschen 53

Figure C.3 – Dessin schématique de la dépendance de l'augmentation de tension par rapport au temps dans l'essai de quench 54

Tableau 1 – Éléments des essais de caractéristiques et étapes d'exécution des essais pour les amenées de courant 36

Tableau D.1 – Éléments des essais de caractéristiques pour un composant HTS 55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 14 : Dispositifs supraconducteurs de puissance – Exigences générales pour les essais de caractéristiques d'amenées de courant conçues pour alimenter des dispositifs supraconducteurs

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 61788-14 a été établie par le comité d'études 90 de la CEI: Supraconductivité.

La présente version bilingue (2014-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2010-06.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 90/244/FDIS et 90/250/RVD.

Le rapport de vote 90/250/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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 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

Les amenées de courant sont des composants indispensables des dispositifs supraconducteurs pour des utilisations pratiques telles que le matériel de diagnostic par IRM (Imagerie par résonance magnétique), les spectromètres à RMN (Résonance magnétique nucléaire), les dispositifs de croissance de monocristaux, le SMES (Stockage d'énergie magnétique supraconductrice), les accélérateurs de particules tels que Tevatron, HERA, RHIC et LHC, les appareils expérimentaux d'essai pour réacteurs à fusion nucléaire, tels que ToreSupra, TRIAM, LHD, EAST, KSTAR, W7-X, JT-60SA et ITER, etc., et des dispositifs supraconducteurs perfectionnés dans un futur proche dans des utilisations pratiques telles que les trains à sustentation magnétique (à supraconducteurs), les limiteurs de courant de défaut à supraconducteur, les transformateurs supraconducteurs, etc.

Les principales fonctions des amenées de courant sont la fourniture de courants forts à des dispositifs supraconducteurs et la minimisation de la charge calorifique globale, ce qui inclut les pertes de chaleur entre la température ambiante et la température cryogénique et l'échauffement par effet Joule à travers les amenées de courant. À cet effet, les amenées de courant sont extrêmement efficaces pour diminuer la charge calorifique globale pour utiliser le composant supraconducteur haute température critique en tant que partie des amenées de courant.

Par ailleurs, les technologies des amenées de courant appliquées aux dispositifs supraconducteurs dépendent de chaque application ainsi que de l'expérience et du savoir-faire accumulé du fabricant. En raison de leur utilisation comme éléments composants, il est difficile d'estimer la compatibilité, la souplesse entre dispositifs, la commodité, le rendement économique global, etc., des amenées de courant. Ceci peut entraver les progrès dans la croissance et l'élaboration d'une technologie de matériel supraconducteur et son application à des activités commerciales, ce qui est une cause d'inquiétude.

On estime en conséquence qu'il est industriellement efficace de clarifier la définition des amenées de courant à appliquer à des dispositifs supraconducteurs et de normaliser les méthodes d'essai de caractéristiques communes dans une série de règles générales.

SUPRACONDUCTIVITÉ –

Partie 14 : Dispositifs supraconducteurs de puissance – Exigences générales pour les essais de caractéristiques d'amenées de courant conçues pour alimenter des dispositifs supraconducteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61788 fournit les exigences générales pour les essais de caractéristiques d'amenées de courant classiques, ainsi que supraconductrices, destinées à être utilisées pour alimenter des matériels supraconducteurs.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*