

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



Low-voltage fuses –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

Fusibles basse tension –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



Low-voltage fuses –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

Fusibles basse tension –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-8322-3583-6

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



Low-voltage fuses –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

Fusibles basse tension –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 General.....	6
1.1 Scope and object.....	6
1.2 Normative references	7
2 Terms and definitions	7
3 Conditions for operation in service	8
4 Classification.....	9
5 Characteristics of fuses	9
6 Markings	14
7 Standard conditions for construction	14
8 Tests.....	15
Annex AA (informative) Guidance for the coordination of fuse-links with semiconductor devices.....	28
Annex BB (normative) Survey on information to be supplied by the manufacturer in his literature (catalogue) for a fuse designed for the protection of semiconductor devices	34
Annex CC (normative) Examples of standardized fuse-links for the protection of semiconductor devices.....	35
Bibliography	53
Figure 101 – Conventional overload curve (example) (X and Y are points of verified overload capability).....	24
Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links	25
Figure 103 – Example of a conventional test arrangement for blade contact fuse-links	27
Figure CC.1 – Single body fuse-links.....	36
Figure CC.2 – Double body fuse-links	37
Figure CC.3 – Twin body fuse-links	38
Figure CC.4 – Striker fuse-links	38
Table CC.1 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	39
Figure CC.5 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 000 and 00	40
Figure CC.6 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 0, 1, 2 and 3	41
Figure CC.7 – Bolted fuse-links, type C	43
Figure CC.8 – Flush end fuse-links, type A.....	45
Figure CC.9 – Flush end fuse-links, type B.....	47
Figure CC.10 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type A	48
Figure CC.11 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type B	51
Figure CC.12 – Fuse-links with cylindrical contact caps with striker, type B (additional dimensions for all sizes except 10 × 38)	52
Table 101 – Conventional times and currents for "gR" and "gS" fuse-links	11
Table 102 – List of complete tests	16
Table 103 – Survey of tests on fuse-links of the smallest rated current of a homogeneous series.....	16
Table 104 – Values for breaking-capacity tests on a.c. fuses	21

Table 105 – Values for breaking-capacity tests on d.c. fuses	22
Table 106 – Values for breaking-capacity tests on VSI fuse-links	23
Table 107 – Cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests	17
Table CC.2 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	44
Table CC.3 – Preferred Typical rated voltages and preferred maximum rated currents	49
Table CC.4 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE FUSES –

**Part 4: Supplementary requirements for fuse-links
for the protection of semiconductor 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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60269-4 bears the edition number 5.2. It consists of the fifth edition (2009-05) [documents 32B/535/FDIS and 32B/541/RVD], its amendment 1 (2012-05) [documents 32B/579/CDV and 32B/586A/RVC] and its amendment 2 (2016-08) [documents 32B/651/FDIS and 32B/663/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60269-4 has been prepared by subcommittee 32B: Low-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This fifth edition constitutes a technical revision. The significant technical changes to the fourth edition are:

- the introduction of voltage source inverter fuse-links, including test requirements;
- coverage of the tests on operating characteristics for a.c. by the breaking capacity tests;
- the updating of examples of standardised fuse-links for the protection of semiconductor devices.

This part is to be used in conjunction with IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*.

This Part 4 supplements or modifies the corresponding clauses or subclauses of Part 1.

Where no change is necessary, this Part 4 indicates that the relevant clause or subclause applies.

Tables and figures which are additional to those in Part 1 are numbered starting from 101.

Additional annexes are lettered AA, BB, etc.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 60269 series, under the general title: *Low-voltage fuses*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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.

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.

LOW-VOLTAGE FUSES –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

1 General

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

Fuse-links for the protection of semiconductor devices shall comply with all requirements of IEC 60269-1, if not otherwise indicated hereinafter, and shall also comply with the supplementary requirements laid down below.

1.1 Scope and object

These supplementary requirements apply to fuse-links for application in equipment containing semiconductor devices for circuits of nominal voltages up to 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and also, in so far as they are applicable, for circuits of higher nominal voltages.

NOTE 1 Such fuse-links are commonly referred to as “semiconductor fuse-links”.

NOTE 2 In most cases, a part of the associated equipment serves the purpose of a fuse-base. Owing to the great variety of equipment, no general rules can be given; the suitability of the associated equipment to serve as a fuse-base should be subject to agreement between the manufacturer and the user. However, if separate fuse-bases or fuse-holders are used, they should comply with the appropriate requirements of IEC 60269-1.

NOTE 3 IEC 60269-6 (Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems) is dedicated to the protection of solar photovoltaic energy systems.

NOTE 4 These fuse-links are intended for use on systems employing the standardized voltages and tolerances of IEC 60038. Tests carried out on fuse-links in accordance with previous editions of this standard shall remain valid until such time as complementary equipment has evolved to the standardized voltages and tolerances of IEC 60038.

The object of these supplementary requirements is to establish the characteristics of semiconductor fuse-links in such a way that they can be replaced by other fuse-links having the same characteristics, provided that their dimensions are identical. For this purpose, this standard refers in particular to

- a) the following characteristics of fuses:
 - 1) their rated values;
 - 2) their temperature rises in normal service;
 - 3) their power dissipation;
 - 4) their time-current characteristics;
 - 5) their breaking capacity;
 - 6) their cut-off current characteristics and their I^2t characteristics;
 - 7) their arc voltage characteristics;
- b) type tests for verification of the characteristics of fuses;
- c) the markings on fuses;
- d) availability and presentation of technical data (see Annex BB).

1.2 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 60269-1:~~2006~~, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2:~~2006~~, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to ~~I~~ K*

IEC 60269-3:~~2006~~, *Low-voltage fuses – Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) – Examples of standardized systems of fuses A to F*

IEC TR 60269-5, *Low-voltage fuses – Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses*

IEC 60269-6, *Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60664-1:2000, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

ISO 3, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

2 Terms and definitions

IEC 60269-1 applies with the following supplementary definitions.

2.2 General terms

2.2.101

semiconductor device

device whose essential characteristics are due to the flow of charge carriers within a semiconductor

[IEV 521-04-01]

2.2.102

semiconductor fuse-link

current-limiting fuse-link capable of breaking, under specific conditions, any current value within the breaking range (see 7.4)

2.2.103

signalling device

device forming part of the fuse and signalling the fuse operation to a remote place

NOTE A signalling device consists of a striker and an auxiliary switch. Electronic devices may also be used.

2.2.104

voltage source inverter

VSI

a voltage stiff inverter

[IEV 551-12-11]

NOTE Also referred to as a voltage stiff inverter i.e. an inverter that supplies current without any practical change in its output voltage.

2.2.105

voltage source inverter fuse-link

VSI fuse-link

current-limiting fuse-link capable of breaking, under specified conditions, the short circuit current supplied by the discharge of a d.c.-link capacitor in a voltage source inverter

NOTE 1 The abbreviation "VSI fuse-link" is used in this document.

NOTE 2 A VSI fuse-link usually operates under a short circuit current supplied by the discharge of a d.c.-link capacitor through a very low inductance, in order to allow high frequency in normal operation. This short circuit condition leads to a very high rate of rise of current equivalent to a **very** low value of time constant, typically ~~1 ms~~ **to 3 ms or less**. The supply voltage is d.c., even though the applied voltage decreases as the current increases during the short circuit.

NOTE 3 In some multiple a.c. drive applications, individual output inverters may be remote from the main input rectifier. In these cases, the associated fault circuit impedances may influence the operation of the fuse-links - the associated time constant and the size of the capacitors need to be considered when choosing the appropriate short circuit protection.

3 Conditions for operation in service

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

3.4 Voltage

3.4.1 Rated voltage

For a.c., the rated voltage of a fuse-link is related to the applied voltage; it is based on the r.m.s. value of a sinusoidal a.c. voltage. It is further assumed that the applied voltage retains the same value throughout the operation of the fuse-link. All tests to verify the ratings are based on this assumption.

NOTE In many applications, the applied voltage will be sufficiently close to the sinusoidal form for the significant part of the operating time, but there are many cases where this condition is not satisfied.

The performance of a fuse-link subjected to a non-sinusoidal applied voltage can be evaluated by comparing, for the first approximation, the arithmetic mean values of the non-sinusoidal and sinusoidal applied voltages.

For d.c. and VSI fuse-links, the rated voltage of a fuse-link is related to the applied voltage. It is based on the mean value. When d.c. is obtained by rectifying a.c., the ripple is assumed not to cause a variation of more than 5 % above or 9 % below the mean value.

3.4.2 Applied voltage in service

Under service conditions, the applied voltage is that voltage which, in the fault circuit, causes the current to increase to such proportions that the fuse-link will operate.

For a.c., consequently, the value of the applied voltage in a single-phase a.c. circuit is usually identical to the power-frequency recovery voltage. For all cases other than the sinusoidal a.c. voltage, it is necessary to know the applied voltage as a function of time.

For a unidirectional voltage and for VSI fuse-links, the important values are:

- the average value over the entire period of the operation of the fuse-link;
- the instantaneous value near the end of the arcing period.

3.5 Current

The rated current of a semiconductor fuse-link is based on the r.m.s. value of a sinusoidal a.c. current at rated frequency.

For d.c., the r.m.s. value of current is assumed not to exceed the r.m.s. value based on a sinusoidal a.c. current at rated frequency.

NOTE The thermal response time of the fuse-element may be so short that it cannot be assumed that operation under conditions which deviate much from sinusoidal current can be estimated on the basis of the r.m.s. current alone. This is so, in particular at lower frequency values and when the current presents salient peaks separated by appreciable intervals of insignificant current; for example, in the case of frequency converters and traction applications.

3.6 Frequency, power factor and time constant

3.6.1 Frequency

The rated frequency refers to the frequency of the sinusoidal current and voltage that form the basis of the type tests.

NOTE In particular, where service frequency deviates significantly from rated frequency the manufacturer should be consulted.

3.6.3 Time constant (τ)

For d.c., the time constants expected in practice are considered to correspond to those in Table 105.

NOTE 1 Some service conditions may be found which exceed the specified performance shown in the table as regards time constant. In such a case, a design of fuse-link which has been tested and marked accordingly should be used or the suitability of such a fuse-link be subject to agreement between manufacturer and user. In some service conditions, the time constant is significantly lower than the values stated in the table. In such a case, the applied voltage can be higher than the rated voltage defined according to Table 105.

For VSI fuse-links, equivalent time constants expected in practice are considered to correspond to those in Table 106.

NOTE 2 The high rate of rise of short circuit current is due to the low inductance, which is considered to be equivalent to a low time constant.

NOTE 3 Instead of time constant di/dt can be used in case of short circuit condition

$$di/dt = E/L.$$

E = voltage value of the DC power source,

L = total inductance of the capacitor discharge circuit.

3.10 Temperature inside an enclosure

Since the rated values of the fuse-links are based on specified conditions that do not always correspond to those prevailing at the point of installation, including the local air conditions, the user may have to consult the manufacturer concerning the possible need for re-rating.

4 Classification

IEC 60269-1 applies.

5 Characteristics of fuses

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

5.1 Summary of characteristics

5.1.2 Fuse-links

- a) Rated voltage (see 5.2)
- b) Rated current (see 5.3 of IEC 60269-1)
- c) Kind of current and frequency (see 5.4 of IEC 60269-1)
- d) Rated power dissipation (see 5.5 of IEC 60269-1)
- e) Time-current characteristics (see 5.6)
- f) Breaking range (see 5.7.1 of IEC 60269-1)
- g) Rated breaking capacity (see 5.7.2 of IEC 60269-1)
- h) Cut-off current characteristics (see 5.8.1)
- i) I^2t characteristics (see 5.8.2)
- j) Dimensions or size (if applicable)
- k) Arc voltage characteristics (see 5.9)

5.2 Rated voltage

For rated a.c. voltages up to 690 V and d.c. voltages up to 750 V, IEC 60269-1 applies; for higher voltages, the values shall be selected from the R 5 series or, where not possible, from the R 10 series of ISO 3.

A fuse-link shall have an a.c. voltage rating or a d.c. voltage rating or a VSI voltage rating. It may have one or more of these voltage ratings.

5.4 Rated frequency

The rated frequency is that frequency to which the performance data are related.

5.5 Rated power dissipation of the fuse-link

In addition to the requirements of IEC 60269-1, the manufacturer shall indicate the power dissipation as a function of current for the range 50 % to 100 % of the rated current or for 50 %, 63 %, 80 % and 100 % of the rated current.

NOTE In cases where the resistance of the fuse-link is of interest, this resistance should be determined from the functional relation between the power dissipation and the associated value of current.

5.6 Limits of time-current characteristics

5.6.1 Time-current characteristics, time-current zones

5.6.1.1 General requirements

The time-current characteristics depend on the design of the fuse-link, and, for a given fuse-link, on the ambient air temperature and the cooling conditions.

The manufacturer shall provide time-current characteristics based on an ambient temperature of 20 °C to 25 °C in accordance with the conditions specified in 8.3. The time-current characteristics of interest are the pre-arcing characteristic and operating characteristics.

For a.c., the time-current characteristics are stated at rated frequency and for pre-arcing or operating times longer than 0,1 s.

For d.c., they are stated for time constants according to Table 105 and for pre-arcing or operating times longer than 15 τ .

For the higher values of prospective current (shorter times), the same information shall be presented in the form of I^2t characteristics (see 5.8.2).

5.6.1.2 Pre-arcing time-current characteristics

For a.c., the pre-arcing time-current characteristic shall be based on a symmetrical a.c. current of a stated value of frequency (rated frequency).

For d.c., the pre-arcing time-current characteristic is of particular significance for times exceeding 15τ for the relevant circuit, and is identical to the a.c. pre-arcing time-current characteristic in this zone.

NOTE 1 Because of the wide range of circuit time constants likely to be experienced in service, the information for times shorter than 15τ is conveniently expressed as a pre-arcing I^2t characteristic.

NOTE 2 The value of 15τ has been chosen to avoid the effects which different rates of rise of current have on the pre-arcing time-current characteristic at shorter times.

5.6.1.3 Operating time-current characteristics

For a.c. with times longer than 0,1 s and for d.c. with times longer than 15τ , the arcing period is negligible compared to the pre-arcing time. The operating time is then equivalent to the ~~maximum~~ pre-arcing time.

5.6.2 Conventional times and currents

5.6.2.1 Conventional times and currents for “aR” fuse-links

See 7.4.

5.6.2.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links

The conventional times and currents are given in Table 101.

Table 101 – Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 63$ ^a	1	1,1 I_n	1,6 I_n	1,25 I_n	1,6 I_n
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				
^a In Annex CC, some examples specify the requirements for $I_n \leq 16$.					
NOTE For explanation of gR and gS see 5.7.1.					

5.6.3 Gates

Not applicable.

5.6.4 Overload curves

5.6.4.1 Verified overload capability

The manufacturer shall indicate sets of coordinate points along the time-current characteristics (see 5.6.1) for which the overload capability has been verified in accordance with the procedure indicated in 8.4.3.4.

The number and the location of the sets of coordinate points for which the overload capability shall be verified shall be selected at the discretion of the manufacturer. The time coordinates for the verification of the overload capability shall be selected within the range of 0,01 s to 60 s. Further sets of the coordinate points may be added according to agreement between manufacturer and user.

5.6.4.2 Conventional overload curve

The conventional overload curve is formed of straight-line sections emanating from the co-ordinate points of verified overload capability. From each set of coordinate points, two lines are drawn:

- one from the verified point and following points of constant values of current towards shorter times;
- the other from the verified point and following points of constant values of I^2t towards longer times.

These line sections, ending at the line representing rated current, form the conventional overload curve (see Figure 101).

NOTE For practical applications, a few points of verified overload capability are sufficient. As the number of points of verified overload capability increases, the conventional overload curve becomes more precise.

5.7 Breaking range and breaking capacity

5.7.1 Breaking range and utilization category

The first letter shall indicate the breaking range:

- “a” fuse-links (partial-range breaking capacity, see 7.4);
- “g” fuse-links (full-range breaking capacity).

The second letter “R” and “S” shall indicate the utilization category for fuse-links complying with this standard for the protection of semiconductor devices.

The type “R” is faster acting than type “S” and gives lower I^2t values.

The type “S” has lower power dissipation and gives enhanced utilization of cables compared to type “R”.

For example:

- aR indicates fuse-links with partial range breaking capacity for the protection of semiconductor devices;
- gR indicates fuse-links with full-range breaking capacity for general application and semiconductor protection, optimised to low I^2t values;
- gS indicates fuse-links with full range breaking capacity for general application and semiconductor protection, optimised to low power dissipation.

Some aR fuse-links are used to protect voltage source inverters. Even though they are common aR fuses on a.c., they must be tested differently under VSI d.c. short-circuit conditions. For these reasons, their designation is still “aR” but their d.c. characteristics must be clearly stated “for VSI protection” in the manufacturer’s data sheets.

5.7.2 Rated breaking capacity

A breaking capacity of at least 50 kA for a.c. and 8 kA for d.c. is recommended.

For a.c., the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing only linear impedance and with a constant sinusoidal applied voltage of rated frequency.

For d.c., the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing only linear inductance and resistance with mean applied voltage.

For VSI the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing very low inductance and resistance with d.c. or capacitor discharged applied voltage.

NOTE The addition in practical applications of non-linear impedances and unidirectional voltage components may significantly influence the breaking severity either in a favourable or unfavourable direction.

5.8 Cut-off current and I^2t characteristics

5.8.1 Cut-off current characteristics

The manufacturer shall provide the cut-off current characteristics which shall be given, according to the example shown in Figure 4 of IEC 60269-1, in a double logarithmic presentation with the prospective current as abscissa and, if necessary, with applied voltage and/or frequency as a parameter.

For a.c., the cut-off current characteristics shall represent the highest values of current likely to be experienced in service. They shall refer to the conditions corresponding to the test conditions of this standard, for example, given voltage, frequency and power-factor values. The cut-off current characteristics may be defined by the tests specified in 8.6.

For d.c., the cut-off current characteristics shall represent the highest values of current likely to be experienced in service in circuits having a time constant specified in Table 105 for aR, gS and gR fuse-links, or in Table 106 for aR fuse-links in VSI applications. For aR, gS and gR fuse-links, these values will be exceeded in circuits of smaller time constants than those of Table 105. The manufacturer shall provide the relevant information to enable the determination of these higher cut-off current characteristics.

NOTE The cut-off current characteristic varies with the circuit time constant. The manufacturer should provide the relevant information to enable these variations to be determined at least for time constants of 5 ms and 10 ms.

5.8.2 I^2t characteristics

5.8.2.1 Pre-arcing I^2t characteristic

For a.c., the pre-arcing I^2t characteristic shall be based on a symmetrical a.c. current at a stated frequency value (rated frequency).

For d.c., the pre-arcing I^2t characteristic shall be based on r.m.s. d.c. current at a time constant specified in the Table 105 for aR, gS and gR fuse-links or in Table 106 for aR fuse-links in VSI applications.

NOTE For certain aR and gR and gS fuse-links, the pre-arcing I^2t characteristic varies with the circuit time constant. The manufacturer should provide the relevant information to enable these variations to be determined at least for time constants of 5 ms and 10 ms.

5.8.2.2 Operating I^2t characteristics

For a.c., the operating I^2t characteristics shall be given with applied voltage as a parameter and for a stated power-factor value. In principle, they shall be based on the moment of current initiation that leads to the highest operating I^2t value (see 8.7). The voltage parameters shall include at least 100 %, 50 % and 25 % of rated voltage.

For d.c., the operating I^2t characteristics shall be given with the applied voltage as a parameter and for a time constant specified in the Table 105 for aR, gS and gR fuse-links, or Table 106 for aR fuse-links in VSI applications. The voltage parameters shall include at least 100 % and 50 % of rated voltage. It is permitted to determine the operating I^2t characteristics

at lower voltages from tests in accordance with Table 105 or Table 106 according to their d.c. application or VSI application.

5.9 Arc voltage characteristics

Arc voltage characteristics provided by the manufacturer shall give the highest (peak) value of arc voltage as a function of the applied voltage of the circuit in which the fuse-link is inserted and, in the case of a.c., for power factors as stated in Table 104 and, in the case of d.c. at time constants specified in Table 105 or in Table 106 according to their d.c. application or VSI application.

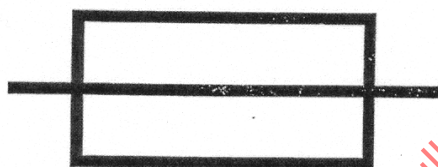
6 Markings

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

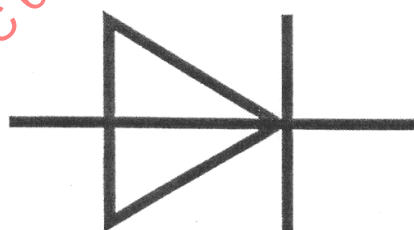
6.2 Markings on fuse-links

Subclause 6.2 of IEC 60269-1 applies with the following addition:

- manufacturer's identification reference and/or symbols enabling all the characteristics listed in 5.1.2 of IEC 60269-1 to be found;
- utilization category, "aR" or "gR" or "gS";
- a combination of symbols of IEC 60417 of a fuse (5016) and a rectifier (5186) as shown below:



Symbol IEC 60417-5016 (2002-10)



Symbol IEC 60417-5186 (2002-10)

7 Standard conditions for construction

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

7.3 Temperature rise and power dissipation of the fuse-link

Fuse-links shall be so designed and proportioned as to carry, when tested in accordance with 8.3, the rated current without exceeding

- the temperature rise limit of the hottest upper metal part of the fuse-link indicated by the manufacturer (see Figures 102 and 103);
- the power dissipation at the rated current indicated by the manufacturer.

7.4 Operation

The fuse-link shall be so designed and proportioned as to carry continuously any value of current up to its rated current ~~(see 8.4.3.4)~~.

“aR” fuse-links shall operate and break the circuit for any current value not exceeding the rated breaking capacity and not less than a current sufficient to interrupt the fuse-link specified by the manufacturer.

For “gR” and “gS” fuse-links within the conventional time:

- ~~its fuse element~~ it does not operate, when it carries any current not exceeding the conventional non-fusing current (I_{nf});
- it operates when it carries any current equal to, or exceeding, the conventional fusing current (I_f) and equal to or lower than the rated breaking capacity.

7.5 Breaking capacity

A fuse-link shall be capable of breaking, at a voltage not exceeding the voltage specified in 8.5, any circuit having a prospective current between a current according to 7.4 and the rated breaking capacity:

- for a.c. at power factors not lower than those in Table 104 appropriate to the value of the prospective current;
- for d.c., at time constants not greater than the values specified in Table 105;
- for VSI applications, the fuse-link shall be capable of breaking a current specified in 8.5 at time constants not greater than the value specified in Table 106.

7.7 I^2t characteristics

The values of operating I^2t determined as described in 8.7 shall not exceed those stated by the manufacturer. The values of pre-arcing I^2t determined as described in 8.7 shall be not less than the values stated (see 5.8.2.1 and 5.8.2.2).

7.15 Arc voltage characteristics

The arc voltage values measured as described in 8.7.5 shall not exceed those stated by the manufacturer (see 5.9).

7.16 Special operating conditions

Special operating conditions, such as high value of acceleration, shall be subject to agreement between manufacturer and user.

8 Tests

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

8.1 General

8.1.4 Arrangement of the fuse-link

The fuse-link shall be mounted open in surroundings free from draughts and, unless otherwise specified, in a vertical position (see 8.3.1). Examples of test arrangements are given in Figures 102 and 103. Test arrangements for other kinds of fuse-links are given in IEC 60269-2 and IEC 60269-3.

8.1.5 Testing of fuse-links

8.1.5.1 Complete tests

The complete tests on fuse-links are listed in Table 102. The internal resistance of all fuse-links shall be determined and recorded in the test report(s).

A fuse-link shall have an a.c. breaking capacity or a d.c. breaking capacity or a VSI breaking capacity. It may have one or more of these breaking capacities.

Table 102 – List of complete tests

Test according to subclause		Number of fuse-links to be tested
8.3	Temperature rise and power dissipation	1
8.4.3.1 a)	Conventional non-fusing current	1
8.4.3.1 b)	Conventional fusing current	1
8.4.3.2	Verification of rated current	1
8.4.3.5	Conventional cable overload test (for “gR” and “gS” fuse-links only)	1
For a.c.:		
8.5	No 5 “gR” and “gS” breaking capacity and operating characteristics	1
	No. 2a “aR” breaking capacity and operating characteristics	1
	No. 2 Breaking capacity and operating characteristics ^a	3
	No. 1 Breaking capacity and operating characteristics ^a	3
8.4.3.4	Verification of overload capability ^b	1
For d.c.:		
8.5	No. 13 “gR” and “gS” breaking capacity and operating characteristics	1
	No.12a “aR” breaking capacity and operating characteristics	1
	No.12 Breaking capacity and operating characteristics	3
	No.11 Breaking capacity and operating characteristics	3
For VSI fuse-links:		
8.5	No. 21 Breaking capacity and operating characteristics	3
^a Valid for pre-arcing I^2t characteristics. If ambient air temperature is 20 °C ± 5 °C between 10 °C and 30 °C.		
^b The number of points at which the overload capability is verified should be at the manufacturer’s discretion.		

8.1.5.2 Testing of fuse-links of a homogeneous series

Fuse-links having intermediate values of rated current of a homogeneous series are exempted from type tests if the fuse-link of the largest rated current has been tested to the requirements of 8.1.5.1 and if the fuse-link of the smallest rated current has been submitted to the tests indicated in Table 103.

Table 103 – Survey of tests on fuse-links of the smallest rated current of a homogeneous series

Test according to subclause		Number of fuse-links to be tested
8.3	Temperature rise and power dissipation	1

8.3 Verification of temperature rise limits and power dissipation

8.3.1 Arrangement of the fuse-link

Only one fuse-link shall be used for the test. The fuse-link shall be mounted vertically in the conventional test arrangement. Examples are given in Figures 102 and 103.

The current density of the copper conductors forming part of the conventional test arrangement shall be not less than 1 A/mm² and not more than 1,6 A/mm², these values being based on the rated current of the fuse-link. The ratio of width to thickness of these conductors shall not exceed

- 10 for current ratings less than 200 A;
- 5 for current ratings 200 A and above.

The ambient air temperature during this test shall be between 10 °C and 30 °C.

When conducting the temperature-rise tests, the cross-sectional areas of the conductors connecting the conventional test arrangement to the supply are important. The cross-sectional area shall be selected in accordance with Table 17 of IEC 60269-1, excluding the note, and the conductors on either side of the fuse-link shall be at least 1 m long.

For fuse-links intended to be used in separate fuse-bases, the test may be performed in these fuse-bases with conductors according to Table 17 of IEC 60269-1; in other cases, the test shall be performed in the manner described in these requirements.

For special fuse-links or special applications that cannot be accommodated in the conventional test arrangement, or for which this test arrangement is not applicable, special tests shall be performed according to the manufacturer's instructions and all pertinent data shall be recorded in the test report.

8.3.3 Measurement of power dissipation of the fuse-link

In addition to 8.3.3 of IEC 60269-1, the following applies: the power dissipation test shall be made successively at least at 50 % and at 100 % of rated current ~~at rated frequency~~. This test may be performed with either ac or dc.

8.3.4 Test method

The cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests corresponding to Subclauses 8.3 and 8.4 is defined in Table 107.

Table 107 – Cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests

Rated current (<i>I_N</i>)	Cross-sectional area
A	(mm × mm)
1 600	2 × 100 × 5
2 000	3 × 100 × 5
2 500	4 × 100 × 5
3 150	3 × 100 × 10
≥ 4 000	$I_N \times \text{mm}^2 / A^a$
^a For currents ≥ 4 000 A the cross sectional area is defined with a current density = 1 A/mm ² .	

8.3.5 Acceptability of test results

The temperature rise and the power dissipation of the fuse-link shall not exceed the values specified by the manufacturer.

~~After the tests, the fuse-link shall not have significantly changed its characteristics.~~

8.4 Verification of operation

8.4.1 Arrangement of fuse-link

The arrangement of the fuse-link for the verification of operation shall be as described in 8.1.4 and 8.3.1.

8.4.3 Test method and acceptability of test results

8.4.3.1 Verification of conventional non-fusing and fusing current

“aR” fuse-links:

Not applicable.

“gR” and “gS” fuse-links:

It is permissible to make the following tests at a reduced voltage:

- the fuse-link is subjected to its conventional non-fusing current (I_{nf}) for a time equal to the conventional time specified in Table 101. It shall not operate during this time;
- the fuse-link, after having cooled down to ambient temperature, is subjected to the conventional fusing current (I_f). It shall operate within the conventional time as specified in Table 101. The fuse-link shall operate without external effects or damage.

8.4.3.2 Verification of rated current (see AA.3.3)

The fuse-link is tested under the same test conditions as indicated in 8.3.1.

It is subjected to 100 test cycles, each consisting of an “on” period of 0,1 times the conventional time as specified in Table 101 at rated current and an “off” period of the same duration.

~~After this test, the fuse-link shall not have changed its characteristics (see 8.3.5).~~

8.4.3.3.1 Time-current characteristics

The time-current characteristics may be verified on the basis of the results obtained from the oscillographic records taken during the performance of the tests according to 8.5.

The pre-arcing period is determined from the instant of closing the circuit until the instant when the voltage measurement shows the beginning of the arc.

The value of pre-arcing time so determined, referred to the abscissa corresponding to the value of the prospective current, shall be within the time-current zone indicated by the manufacturer.

For a.c. prospective currents heading to actual pre-arcing time values of less than 10 cycles of rated frequency and up to current values where the melting is adiabatic, the currents shall be initiated in such a manner that the prospective current will be symmetrical.

For d.c., the time-current characteristics determined for a.c. are applicable for times longer than 15τ for the relevant circuit.

When, for the fuse-links of a homogeneous series (see 8.1.5.2), the complete test according to 8.5 is made only on the fuse-link having the largest rated current, it shall be sufficient to verify only the pre-arcing time for the fuse-link having the smallest rated current.

Pre-arcing time-current characteristics can be determined at any convenient voltage value and on any linear circuit. Tests to determine operating time-current characteristics require the proper voltage values and circuit characteristics.

8.4.3.4 Overload

The fuse-link is tested under the same test conditions as indicated in 8.3.1.

It is subjected to 100 load cycles, each cycle having a total duration of 0,2 times the conventional time, the “on” period with a current value and a duration corresponding to the co-ordinates of the overload capability to be verified, the “off” period forming the rest of the cycle. The conventional time is that specified in Table 101 .

~~After this test, the fuse-link shall not have significantly changed its characteristics (see 8.3.5).~~

NOTE These tests are deemed to verify the overload capability of the fuse on d.c. for pre-arcing times greater than 15τ for the relevant circuit.

8.4.3.5 Conventional cable overload protection test (for “gR” and “gS” fuse-links only)

“gR” and “gS” fuse-links: IEC 60269-1 applies.

8.4.3.6 Operation of indicating devices and strikers, if any

The correct operation of indicating devices is verified in combination with the verification of breaking capacity (see 8.5.5).

For verifying the operation of strikers, if any, an additional test sample shall be tested:

- at a current of I_{2a} (see Table 104 and Table 105);
- at a recovery voltage of 20 V.

The value of the recovery voltage may be exceeded by 10 %.

The striker shall operate during all tests.

However, if, during one of these tests, the indicating device or striker fails, the test shall not be considered negative on this account, if the manufacturer can furnish evidence that such failure is not typical of the fuse type, but is due to a fault on the individual tested sample. If such a failure occurs, then twice the number of samples shall be tested for the particular test duty, without further failure.

The characteristics and the verification of the characteristics of indicating devices or strikers are subject to an agreement between the manufacturer and user.

8.5 Verification of the breaking capacity

8.5.1 Arrangement of the fuse

In addition to the conditions of 8.1.4 and 8.3.1, the following applies.

For breaking-capacity tests, the fuse-link shall be mounted in a manner resembling its practical use, in particular with respect to the location of the conductors. In cases where the

fuse-link can be used rigidly supported at one end only, it shall be so mounted for the test. Fuse-links intended to be always rigidly supported at both ends shall be so tested.

8.5.5 Test method

8.5.5.1 In order to verify that the fuse-link satisfies the conditions of 7.5 for a.c., test Nos. 1 to 2a for “aR” fuse-links and tests numbers 1, 2 and 5 for “gR” and “gS” fuse-links, as described below, shall be made, unless otherwise specified, with the values stated in Table 104 (see 8.5.5.2) for each of these tests. For d.c. tests, numbers 11 to 12a for “aR” fuse-links and numbers 11, 12 and 13 for “gR” and “gS” fuse-links shall be made, unless otherwise specified, with the values stated in Table 105. For VSI fuse-links, test no 21 shall be made with the values stated in Table 106.

Test Nos. 1 and 2 for a.c.; or 11 and 12 for d.c. or 21 for VSI fuse-links: For each of these tests, three fuse-links shall be tested in succession. If, during test No. 1, the requirements of test No. 2 are met on one or more tests, then these tests need not be repeated as part of test No. 2. The same applies for tests numbers 11 and 12 for d.c.

Test Nos. 2a and 5 for a.c. and 12a and 13 for d.c.: For a.c., the values of test current are specified in Table 104. For d.c., the values of test current are specified in Table 105. For a.c. tests, the closing of the circuit in relation to the passage of the applied voltage through zero may be effected at any instant. If the testing arrangement does not permit the current to be maintained at the full voltage during all of the time required, the fuse may be pre-heated at reduced voltage by applying a current approximately equal to the value of the test current. In this case, switching over to the test circuit according to 8.5.2 shall take place before the arc is initiated, and the switching time T_1 (interval without current) shall not exceed 0,2 s. The time interval between re-application of the current and beginning of arcing shall be not less than three times T_1 .

8.5.5.2 For one of the tests of No. 2 and for test No. 2a or 5 for a.c., and one of the tests of No. 12 and for tests 12a or 13 for d.c. and for one test of 21 for VSI, the recovery voltage shall be maintained at a value of:

- ~~— for a.c., 100^{+10}_0 % for fuse-links rated 690 V, and 100^{+15}_0 % for other fuse-links;~~
- for a.c. 110^{+2}_{-3} % of the rated voltage,
- for d.c., 100^{+20}_0 % of the rated voltage,
- for VSI, 100^{+15}_0 % of the rated voltage,

for at least:

- 30 s after operation of fuse-links not containing organic materials in their body or filler;
- 5 min after operation of the fuse-links in all other cases, switching over to another source of supply being permitted after 15 s if the switching time (interval without voltage) does not exceed 0,1 s.

For all other tests, the recovery voltage shall be maintained at the same value for 15 s after operation of the fuse.

In a lapse of time of at least 6 min and maximum 10 min after the operation, the resistance between the contacts of the fuse-link shall be measured (see 8.5.8) and noted. With the manufacturer's consent, shorter times are possible if the fuse-link does not contain organic materials in its body or filler.

Table 104 – Values for breaking-capacity tests on a.c. fuses

	Tests according to 8.5.5.1			
	No. 1	No. 2	No. 2a	No. 5
Power-frequency recovery voltage ^c	105⁺⁵₀ % for rated voltage of 690 V^a 110⁺²₋₃ % of the rated voltage^a 110⁺⁵₀ % for other rated voltages^a			
Prospective test current	I_1	I_2	I_{2a} "aR"	$I_5 = 1,25 I_f$ "gR" and "gS"
Tolerance on current	+10 ₀ % ^a	Not applicable		+20 ₀ %
Power factor	0,2 – 0,3 for prospective current up to and including 20 kA 0,1 – 0,2 for prospective current above 20 kA		0,3 to 0,5 ^b	
Making angle after voltage zero	Not applicable	0 ⁺²⁰ ₀	Not specified	
Initiation of arcing after voltage zero	65° to 90°	Not applicable		
I_1 is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2). I_2 is the current which shall be chosen in such a manner that the test is made under conditions which approximate those giving maximum arc energy. NOTE This condition may be deemed to be satisfied if the current at the beginning of arcing (instantaneous value) has reached a value between $0,6\sqrt{2}$ and $0,75\sqrt{2}$ times the prospective current (for a.c., the r.m.s. value of the a.c. component). As a guide for practical application, the value of current I_2 may be found between three and four times the current which corresponds to a pre-arcing time of one half-cycle of rated frequency on the time-current characteristic. I_{2a} is the minimum value of the breaking capacity of the fuse-link in the overcurrent range specified by the manufacturer (see 7.4). I_5 is the test current deemed to verify that the fuse is able to operate satisfactorily in the range of small overcurrents.				
^a The positive tolerance may be exceeded with the manufacturer's consent. ^b Power factors lower than 0,3 may be permitted with the manufacturer's consent. ^c For single-phase circuits, the r.m.s. value of the applied voltage is for all practical purposes equal to the r.m.s. value of the power-frequency recovery voltage.				

8.5.8 Acceptability of test results

Fuse-links shall be deemed not to comply with this standard if, during the tests, one or more of the following failures occur:

- ignition of the fuse-link, excluding any paper labels or the like used as indicating devices;
- mechanical damage to the conventional test arrangement;
- mechanical damage to the fuse-link;

NOTE Thermal cracking which leaves the fuse-link in one piece is accepted.

- burning or melting of end caps;
- significant movement of end caps.

Table 105 – Values for breaking-capacity tests on d.c. fuses

	Tests according to 8.5.5.1			
	No. 11	No. 12	No. 12a	No. 13
Mean value of recovery voltage ^a	115 ⁺⁵ ₋₉ % of the rated voltage ^b			
Prospective test current	I_1	I_2	I_{2a} “aR”	$I_5 = 1,25 I_f$ “gR” and “gS”
Tolerance on current	$+10$ 0 %	Not applicable		$+20$ 0 %
Time constant ^c	Where prospective test current is greater than 20 kA: 10 ms to 15 ms Where prospective test current I is equal to, or less than, 20 kA: $0,5 (I)^{0,3}$ ms with a tolerance of $+20$ 0 % ^b (value of I in A)			
I_1 is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2).				
I_2 is the current which shall be chosen in such a manner that the test is made under conditions which approximate those giving maximum arc energy.				
NOTE This condition may be deemed to be satisfied if the current, at the beginning of arcing, has reached a value between 0,5 and 0,8 times the prospective current.				
I_{2a} is the minimum value of the breaking capacity of the fuse-link in the overcurrent range specified by the manufacturer (see 7.4).				
I_5 is the test current deemed to verify that the fuse is able to operate satisfactorily in the range of small overcurrents.				
^a This tolerance includes ripple.				
^b The upper limit may be exceeded with the manufacturer's consent.				
^c In some practical applications, time-constant values may be found which are shorter than those indicated in the tests and which may result in a more favourable fuse performance. Time constants which are considerably longer than those indicated will in most cases significantly affect the performance, in particular with respect to the rated voltage. For such applications, further information may be available from the manufacturer.				

8.6 Verification of the cut-off current characteristic

8.6.1 Test method

For a.c., tests shall be made as specified in Table 104.

For d.c., tests shall be made as specified in Table 105.

For VSI fuse-links, tests shall be made as specified in Table 106.

Tests conducted in accordance with 8.5 shall be used for evaluation according to 8.6.2. The tests may be used to prove the characteristics of all fuse-links of a homogeneous series.

Table 106 – Values for breaking-capacity tests on VSI fuse-links

	Tests according to 8.5.5.1
	No. 21
Mean value of recovery voltage ^a	$110 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} +2 \\ -3 \end{smallmatrix} \% \text{ of the rated voltage } ^b$
Prospective test current	I_1
Tolerance on current	$\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix} \%$
Time constant	Between 1 ms and Less than 3 ms ^c
I_1 is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2).	
^a This tolerance includes ripple.	
^b The upper limit may be exceeded with the manufacturer's consent.	
^c The upper limit may be exceeded Prospective current with high di/dt instead of low time constant may be utilized with the manufacturer's consent.	

8.6.2 Acceptability of test results

For a.c., cut-off characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 in Table 104.

For d.c., cut-off current characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 in Table 105.

For VSI fuse-links, cut-off characteristics shall be verified from test No. 21 in Table 106.

8.7 Verification of the I^2t characteristics and overcurrent discrimination

8.7.1 Test method

The test method is that specified in 8.6.1.

8.7.2 Acceptability of test results

For a.c., the I^2t characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 according to Table 104.

For d.c., the I^2t characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 according to Table 105.

For VSI fuse-links, the I^2t characteristics shall be verified from tests No. 21 according to Table 106.

The values of the pre-arcing I^2t at each prospective current shall be not less than the values stated by the manufacturer.

The values of operating I^2t at each prospective current shall not exceed the values indicated by the manufacturer for the stated applied voltage.

8.7.3 Verification of compliance for fuse-links at 0,01 s

Not applicable.

8.7.4 Verification of overcurrent discrimination

Not applicable.

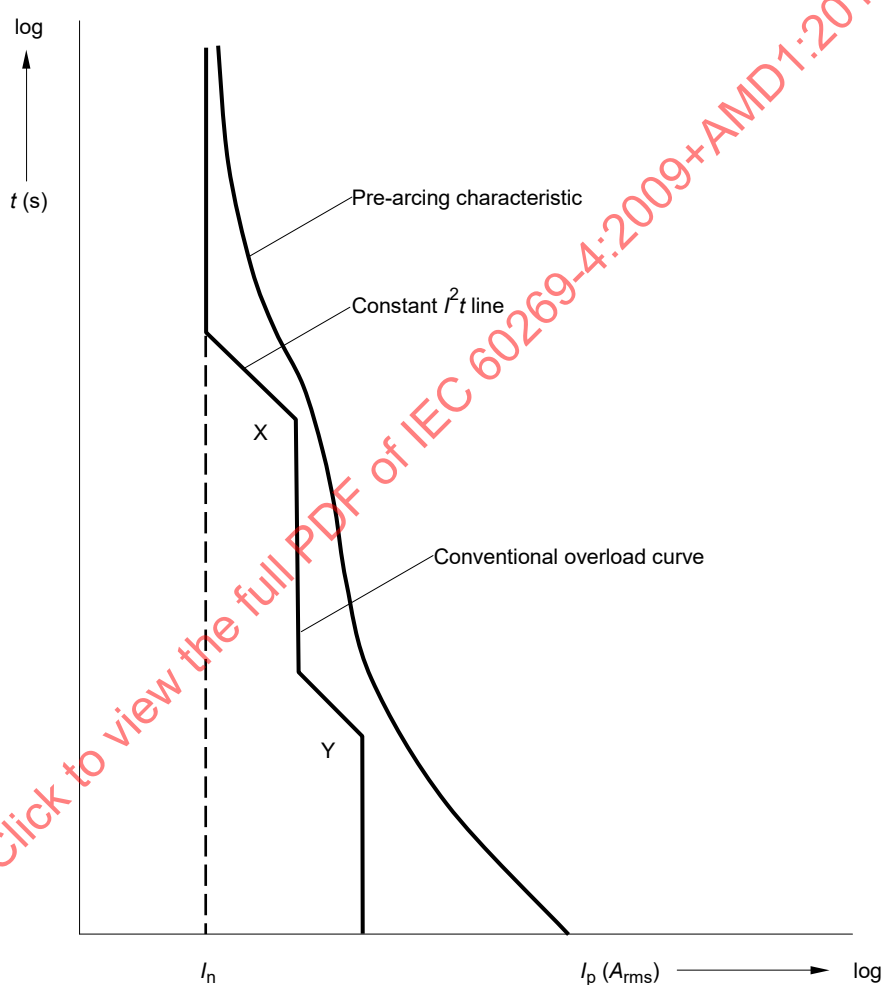
8.7.5 Verification of arc voltage characteristics and acceptability of test results

The highest values of arc voltage derived from each of the following tests shall not exceed those indicated by the manufacturer.

For a.c., the arc voltage characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 in Table 104.

For d.c., the arc voltage characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 in Table 105.

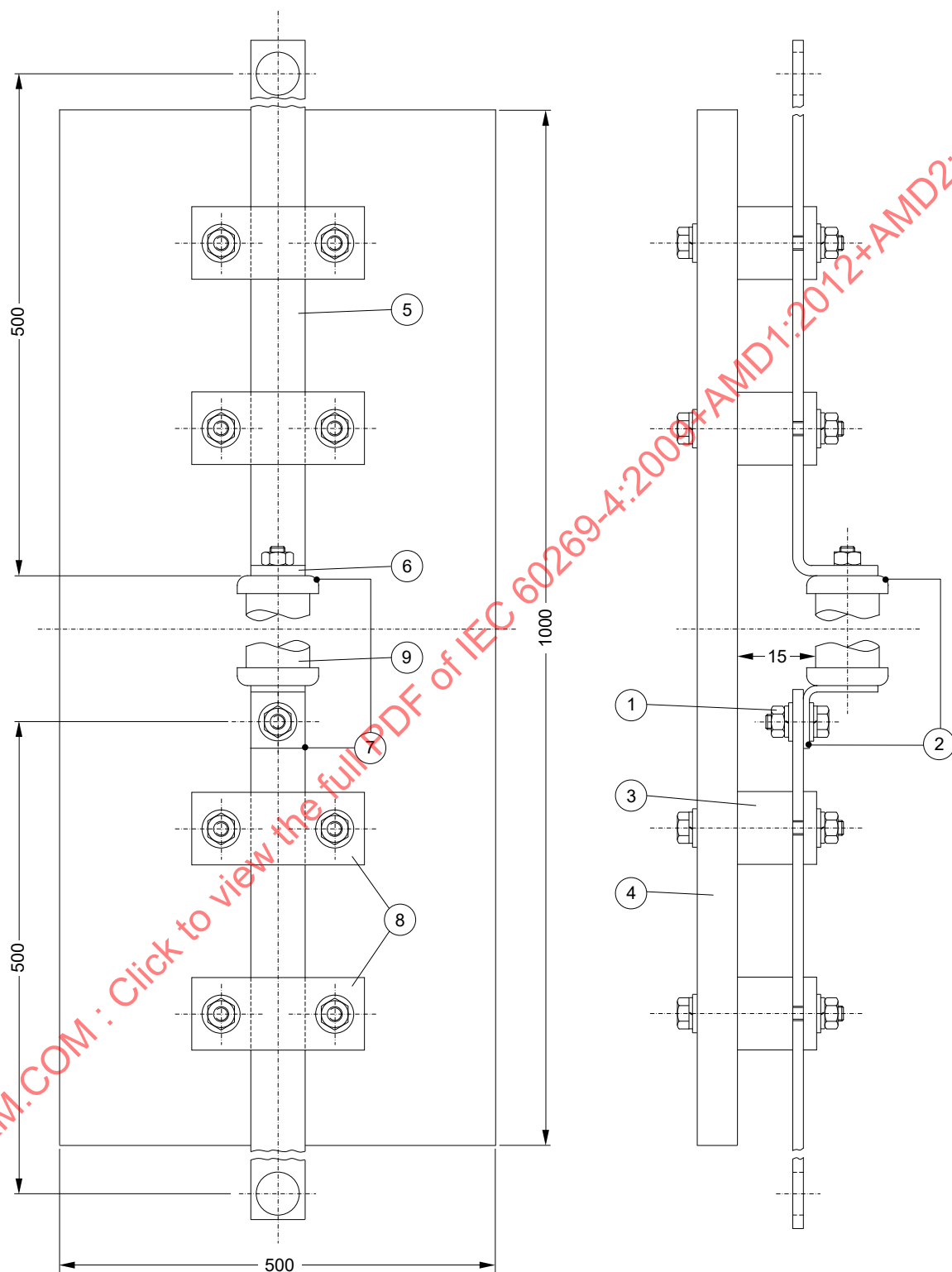
For VSI fuse-links, the arc voltage characteristics shall be verified from tests No. 21 in Table 106.



IEC 689/09

Figure 101 – Conventional overload curve (example)
(X and Y are points of verified overload capability)

Dimensions in millimetres



IEC 690/09

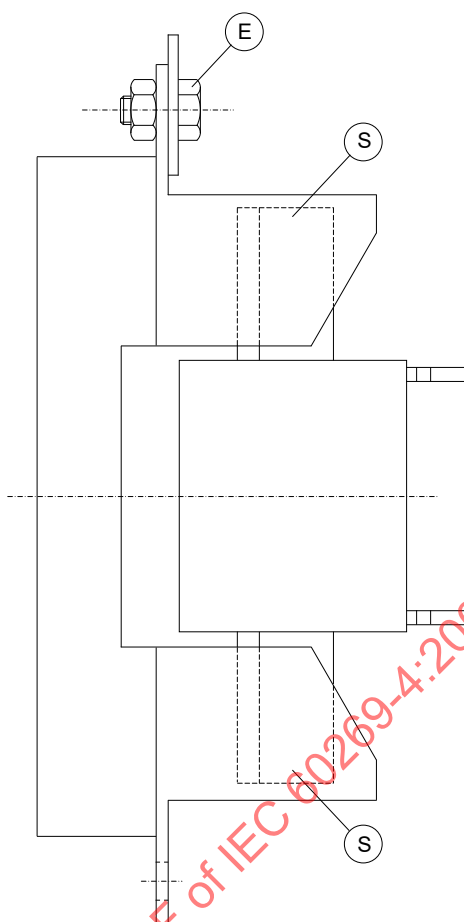
Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links

Key

- 1 fixing bolts
- 2 alternative points of measurement of voltage for determination of power dissipation
- 3 insulating blocks (for example, wood)
- 4 insulated base panel (for example, 16 mm plywood)
- 5 matt black finish
- 6 position of thermocouple fixed to hottest upper metal part of the fuse-link, indicated by the manufacturer or otherwise specified
- 7 contact surface to be tin-plated
- 8 insulated clamps. Where necessary, the two upper clamps may be left loose.
- 9 the body of the fuse-link can be round or rectangular

Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links
(concluded)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV



IEC 691/09

Key

Points of measurement:

- E temperature rise
- S power dissipation

Figure 103 – Example of a conventional test arrangement for blade contact fuse-links

Annex AA (informative)

Guidance for the coordination of fuse-links with semiconductor devices

AA.1 General

This annex is limited to the use of fuse-links in circuits having the characteristics generally found in converters based on semiconductors.

It deals with the performance of fuse-links under the conditions covered but it does not deal with the adequacy of fuse-links with respect to converters.

NOTE Attention is drawn to the fact that fuse-links intended for use on a.c. are not necessarily suitable for use on d.c. The manufacturer should be consulted on all cases of d.c. applications. It should be noted in particular that the relationship between rated voltage a.c. versus rated voltage d.c. cannot be stated in a general form. The few references in this guide to d.c. operations are not complete and do not cover all of the important factors related to such use.

It is the object of this annex to explain the performance to be expected from the fuse-links in terms of their ratings and in terms of the characteristics of the circuits of which they form a part, in such a manner that this may form the basis for the selection of the fuse-links.

AA.2 Terms and definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply. See also the terms and definitions of Clause 2.

AA.2.1

pulsed current (in a semiconductor fuse-link)

unidirectional current, the instantaneous value of which varies in a cyclic manner and includes intervals of zero or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total cycle

NOTE A typical pulsed current is the current in a single arm of a bridge-connected rectifier.

AA.2.2

pulsed load (in a semiconductor fuse-link)

load where the r.m.s. value of the current varies in a cyclic manner and includes intervals of zero current or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total load cycle

NOTE In a rectifier circuit, a pulsed load may be caused by cyclic making and breaking of the d.c. circuit current; for instance, by the starting and stopping of a motor.

AA.3 Current-carrying capabilities

AA.3.1 Rated current

The rated current of a semiconductor fuse-link is assigned by the manufacturer and verified in particular by the temperature-rise test (see 8.3) and by the repetitive duty test as described in 8.4.3.2.

NOTE The ability to carry current without deterioration is closely related to the temperature variations. The data given by the manufacturer relate to the test conditions (see 8.1.4 and 8.3). The cooling conditions depend on the physical properties of the fuse-link, the flow of the cooling medium, the type and temperature of the connections and of adjacent hot bodies.

Guidance on the influence of these factors may be obtained from the manufacturer.

AA.3.2 Continuous duty current

For most kinds of fuse-links for semiconductor devices, the continuous duty current is identical with the rated current (see AA.3.1). However, fuse-links designed for applications not requiring the carrying of rated current continuously are to be de-rated for continuous duty.

AA.3.3 Repetitive duty current

The tests for rated current verify that the fuse-link is able to withstand, under the test conditions, repetition of the rated current load at least 100 times. The expected life in the number of repetitions will increase as the value of the actual load current is reduced in relation to the rated current.

The manufacturer's advice should be sought on the suitability of a given fuse-link for a required repetitive duty, since the specified tests establish minimum life-expectancy requirements only.

AA.3.4 Overload current

The overload capability (see 5.6.4.1) indicated by the manufacturer is based on one or more coordinates of time and current for which the overload capability has been verified under conditions identical with those indicated for the rated current (see 8.4.3.4). The conventional overload characteristic based on these verified points is a conservative estimate of the overload capability (see 5.6.4.2 and Figure 101).

As the actual overload rarely shows the same function of time as the conventional overload, it shall be transformed into an equivalent conventional one as follows:

- the maximum value of the actual overload is equated to the maximum value of an equivalent conventional overload;
- the duration of the equivalent conventional overload shall be such that its I^2t becomes equal to the I^2t of the actual load integrated over a time of 0,2 times the conventional time of the fuse-link.

Any value of the load which approaches 0,2 times the conventional time shall be considered to be a continuous load with respect to the fuse-link.

However, as the verification of the overload capability is based on 100 overload cycles, the practical cases of repetitive overload may necessitate a de-rating. The manufacturer's advice should be sought.

AA.3.5 Peak current (cut-off current)

The highest value of peak current is obtained when the fuse-link operates under adiabatic conditions.

Under conditions where the rate-of-rise of the current is essentially constant, the instantaneous value of the current reached at the end of the pre-arcing period increases as the cube root of the rate-of-rise. For many fuse-links, this is essentially the peak value. For fuse-links reaching the peak value of current significantly later (in the arcing period), no general statement can be made and information should be obtained from the manufacturer.

AA.4 Voltage characteristics

AA.4.1 Rated voltage

The rated voltage (see 5.2) of the fuse-link for the protection of semiconductor devices is a value of sinusoidal applied voltage of rated frequency (or, in some cases, d.c.) assigned by the manufacturer. Information on the fuse-link is related to the rated voltage. Comparison between fuse-links of different manufacture on the basis of the voltage rating alone is insufficient.

AA.4.2 Applied voltage in service

The applied voltage is the voltage in the fault circuit that causes the fault current to flow. In most cases, it is possible to consider the no-load voltage in the fault circuit as the applied voltage, since the influence of the voltage drop can usually be disregarded.

NOTE The applied voltage may be affected by any commutation which takes place during the operation of the fuse-link or by the arc voltage of another fuse-link.

During the pre-arcing period, the applied voltage and the self-inductance of the circuit determine the rate of rise of the fault current (in general, it increases from zero to almost its peak value). In a given circuit, i.e. for a given self-inductance, it is the value of I^2t that determines the end of the pre-arcing period, and it is the integral of the applied voltage during that period that determines the instantaneous value of the current reached by the end of the pre-arcing period.

During the arcing period, the difference between the arc voltage and the applied voltage determines the rate of change of the current. Generally, it is a decrease from the peak value to zero. The zero value is reached in that instant where the integral of this difference becomes equal to the integral of the applied voltage over the pre-arcing period. For the time in which the arc voltage is less than the applied voltage, the current continues to increase; but, in most cases, this time is short and the associated current increase negligible.

For a fuse-link operating in the adiabatic or near adiabatic zone, the pre-arcing I^2t is a well-defined quantity. The arcing I^2t can assume very different values, even for the same arcing time. It becomes a minimum when the excess arc voltage reaches its maximum during the early part of the arcing period.

AA.4.3 Arc voltage

The peak value of the arc voltage indicated by the manufacturer is that obtained under the most unfavourable conditions. The arc-voltage characteristic is given as a function of the applied voltage. The peak value of the arc voltage should be limited to that which can be withstood by the semiconductor device.

AA.5 Power dissipation characteristics

AA.5.1 Rated power dissipation

The rated power dissipation is based on the rated current and on the standard test conditions (see 8.1.4 and 8.3.1). The temperature coefficient of the resistance of the fuse-link causes an increase in power dissipation at a higher rate than the square of the current.

For this reason, the manufacturer provides information about the relation between current and power dissipation either in the form of a power dissipation characteristic or in the form of discrete points.

The power dissipation characteristic may deviate from the rated value because of installation conditions different from those of the test (see 8.3).

AA.5.2 Factors influencing power dissipation

Because of the significant influence on power dissipation of the relation between the actual current and the rated current, it may be desirable to use fuse-links of larger current ratings than those determined by repetitive duty and overload. However, the higher current ratings imply a larger value of I^2t . The use of a fuse-link of the highest current rating consistent with reasonable protection may at the same time reduce power dissipation and solve the problems of repetitive duty and overload.

The use of a fuse-link of a higher voltage rating inherently leads to higher values of power dissipation. If its use is possible in spite of higher values of arc voltage, a reduction in the arcing I^2t will be obtained which may permit the selection of a fuse-link having a higher current rating, resulting in a reduction in power dissipation.

Fuse-links having iron parts may show a significant increase in power dissipation when used at frequencies higher than rated frequency.

AA.5.3 Mutual influence

A very short electrical connection between the fuse-link and the associated semiconductor device provides a significant thermal coupling between the two.

Thus, any reduction in the power dissipation of the fuse-link may improve the current loading of the semiconductor device.

AA.6 Time-current characteristics

AA.6.1 Pre-arcing characteristic

A pulsed current, as it appears in the arms of rectifiers or invertors, cannot be dealt with solely on the basis of its r.m.s. value. In marginal cases, it is necessary to make sure that a single pulse alone cannot damage the fuse-element. For instance, if a short-time overload (for example, below 0,1 s) is considered in accordance with 8.4.3.4, the peak of the actual overload is not the maximum value of the r.m.s. value, but the peak of the highest pulse.

Any current of frequency higher than rated frequency has practically no influence on the pre-arcing I^2t characteristic, except in the region mentioned above. For values of prospective current where the pre-arcing time at rated frequency is less than one quarter-cycle, the tendency at higher frequencies is towards shorter pre-arcing times. For frequencies lower than rated frequency, the effect is the opposite of that mentioned above. However, attention is drawn to the fact that the increase in pre-arcing time can be even more significant, particularly towards the higher values of prospective current.

For lower values of prospective current, the only influence of an asymmetrical current (a.c. with a transient d.c. component) is to give a slight increase in the r.m.s. value of the current.

In the adiabatic zone, the influence is best considered as an increase or decrease in the rate of rise, replacing the actual current by that symmetrical current that has the same (or similar) rate of rise during the pre-arcing period.

In the critical zone, where the pre-arcing I^2t characteristic leaves the adiabatic zone, a distinction has to be made between an asymmetry beginning with a major loop and one beginning with a minor loop. The major loop will give a decrease in the pre-arcing I^2t value, the minor loop will give an increase.

When considering the ability of the fuse-link to withstand an asymmetrical current, the peak of the asymmetry shall be taken into account.

In case of operation with d.c., the pre-arcing I^2t characteristic based on a.c. may not be applicable at all, or be only partly applicable, depending on the circuit parameters.

If the time constant of the circuit is smaller than the shortest time being considered, the prospective current is the applied voltage divided by the resistance.

If the circuit contains a significant amount of self-inductance, the adiabatic zone of the pre-arcing I^2t characteristic can be used provided the abscissa refers to rate of rise instead of prospective current, i.e. the rate-of-rise of d.c. is determined as the applied voltage divided by the self-inductance. It is further to be assumed that the value of the prospective current (the applied voltage divided by the resistance) is significantly higher (three times or more) than the cut-off current at the rate of rise considered.

For the remaining cases of d.c. operation, it is very difficult to draw any significant conclusions about the pre-arcing time to be expected from the normal pre-arcing I^2t characteristic based on a.c., and the manufacturer should be consulted. However, the majority of practical cases are covered by the consideration of the rate-of-rise equivalence.

The normal pre-arcing I^2t characteristic does not give much information on the behaviour in the case of a non-sinusoidal current unless it is either a case where the rate of rise is predominant (i.e. for very large currents) or where the current is of such low value that the long time involved permits the use of the r.m.s. value.

AA.6.2 Operating I^2t characteristic

For a given prospective current, the difference between the pre-arcing I^2t characteristic and the operating I^2t characteristic is the maximum value of the arcing I^2t which is possible under the conditions for which the operating I^2t is drawn. The data presented by the manufacturer are based on a low value of power factor (i.e. below 0,3) and the r.m.s. value of the applied voltage.

The worst case is reached when the instantaneous value of applied voltage is as large as possible both throughout the pre-arcing period and the arcing period. Since such a situation seldom occurs, advantage may be taken of this fact.

For the same applied voltage and the same prospective short-circuit current, a higher frequency implies a lower value of self-inductance, so the arcing time decreases and within practical limits it is inversely proportional to the frequency.

For the same applied voltage and the same prospective short-circuit current, a lower frequency implies a higher value of self-inductance, so the arcing time increases and within practical limits it is inversely proportional to the frequency.

NOTE Because of the longer arcing time and the resulting energy released, it is not certain that fuse-links are suitable for use at a frequency below rated frequency. The manufacturer should be consulted whenever operating frequency below rated frequency is contemplated.

The influence of asymmetrical current shall be taken into account in the selection of the maximum value of the arcing time.

In all cases of d.c. (see Note in AA.1) where the pre-arcing I^2t is judged on the basis of the rate of rise (see AA.6.1), and if the cut-off current is reached at the end of the pre-arcing period, the operating I^2t is also valid provided that the voltage parameter (which is based on r.m.s. values) is so chosen that the applied d.c. voltage is less than the average a.c. voltage (90 % of the r.m.s. value). All other cases require special consideration or additional information should be obtained from the manufacturer.

AA.7 Breaking capacity

Within the rating, breaking capacity for non-sinusoidal a.c. is rarely critical for fuse-links for the protection of semiconductor devices.

For the higher values of voltage (high-voltage fuse-links), the task of breaking small values of current may be a problem, but this problem normally lies outside the range of currents which is of interest here (see 7.4).

The breaking capacity is not impaired by frequencies higher than rated frequency as long as the maximum value of rate of rise of the current for rated frequency is not exceeded. At frequencies lower than rated frequency, the energy released in the fuse-link is larger than at rated frequency. Additional information should be obtained from the manufacturer, which may include a test at the lower frequency according to 8.5.5.1.

For breaking capacity on d.c. (see Note in AA.1), the energy released in the fuse-link is in many cases greater than at rated frequency. Often, satisfactory operation can be ensured only by using a fuse-link having an a.c. rated voltage appreciably higher than the d.c. supply voltage. Additional information should be obtained from the manufacturer.

AA.8 Commutation

Short-circuit currents in semiconductor installations normally involve circuits having several arms between which commutation can take place during the operation of the fuse-link. Such commutation can be caused by the cyclic change in the voltage of the a.c. source, by the firing of thyristors or by the arc voltage of another fuse-link.

The commutations influence the operation of the fuse-link by altering the circuit configuration, the circuit constants and by changing the applied voltage (for example, by adding an arc voltage).

Another form of unintentional commutation which may seriously affect the duty of the fuse-link is that caused by the appearance of a secondary fault.

Annex BB (normative)

Survey on information to be supplied by the manufacturer in his literature (catalogue) for a fuse designed for the protection of semiconductor devices

The following information shall be given separately for a.c. and, where applicable, for d.c.

- a) Name of the manufacturer (trade mark)
- b) Type or list reference of the manufacturer
- c) Rated voltage (see 3.4.1)
- d) Rated current (see 3.5)
- e) Rated frequency or frequencies (see 5.4)
- f) Rated breaking capacity (at rated voltage and at different applied voltages) (see 5.7.2 and 8.5)
- g) Pre-arcing and operating time-current characteristics (diagrams) and application class (symbol), where applicable (see 5.6.1 and 8.4.3.3.1)
- h) Pre-arcing I^2t characteristic (see 5.8.2.1 and 8.7.2)
- i) Operating I^2t characteristic in relation to the voltage with indication of the power factor or time constant (see 5.8.2.2 and 8.7.2)
- j) Arc voltage characteristic (see 5.9 and 8.7.5)
- k) Cut-off current characteristic (see 5.8.1 and 8.6)
- l) Temperature rise at rated current under conventional test conditions and indication of a defined measuring point (see 7.3 and 8.3.5)
- m) Power dissipation for at least 50 % and 100 % of the rated current, at fixed points or in the form of a diagram for that range (additional parameters may be 63 % and 80 %) (see 7.3 and 8.3.3)
- n) Required minimum operating voltage of the indicator (see 8.4.3.6)
- o) Permissible current as a function of the ambient temperature (diagram) (see 8.4.3.2)
- p) Instructions for mounting, where necessary, with respect to the dimensions (sketch)
- q) Current carrying ability under special conditions of mounting (for example, cross-sectional area of connected conductors, inadequate cooling, additional heat sources, etc.)

NOTE In the case of special conditions, the manufacturer should be consulted.

Annex CC (normative)

Examples of standardized fuse-links for the protection of semiconductor devices

CC.1 General

This annex is divided into seven specific examples of standardised dimensions:

- system of fuse-links with bolted connections, type A – British
- system of fuse-links with bolted connections, type B – DIN
- system of fuse-links with bolted connections, type C – North American
- system of fuse-links with flush end connections, type A
- system of fuse-links with flush end connections, type B – North American
- system of fuse-links with cylindrical contact caps, type A – North American
- system of fuse-links with cylindrical contact caps, type B – French

Fuse-links for the protection of semiconductor devices may also have the same dimensions as fuse-links according to:

- IEC 60269-2: system of fuses A, B, F and H;
- IEC 60269-3: system of fuses A.

In addition to meeting the requirements of this standard, the power dissipation of the fuse-link shall not exceed the acceptable power dissipation of the associated fuse bases or fuse-holders. Where the power dissipation of the fuse-link exceeds the acceptable power dissipation of the standardised fuse base or fuse-holder, de-rating values shall be given by the manufacturer.

CC.2 System of fuse-links with bolted connections, type A - British

CC.2.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.1 to CC.3. Their rated voltages and currents are as follows:

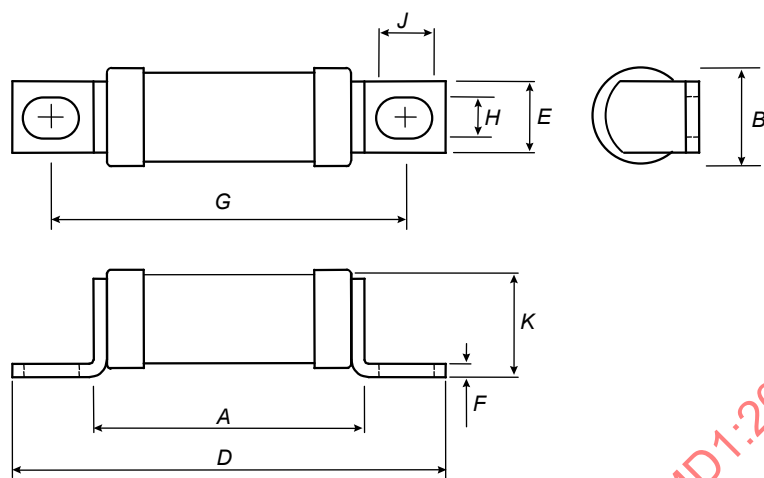
- 230 V a.c. up to 900 A;
- 690 V a.c. up to 710 A.

CC.2.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figures CC.1 to CC.3.

CC.2.3 Construction of a fuse-link

For indication of operation, a striker fuse-link may be used. The standardised dimensions of the striker fuse-links are given in Figure CC.4.



IEC 692/09

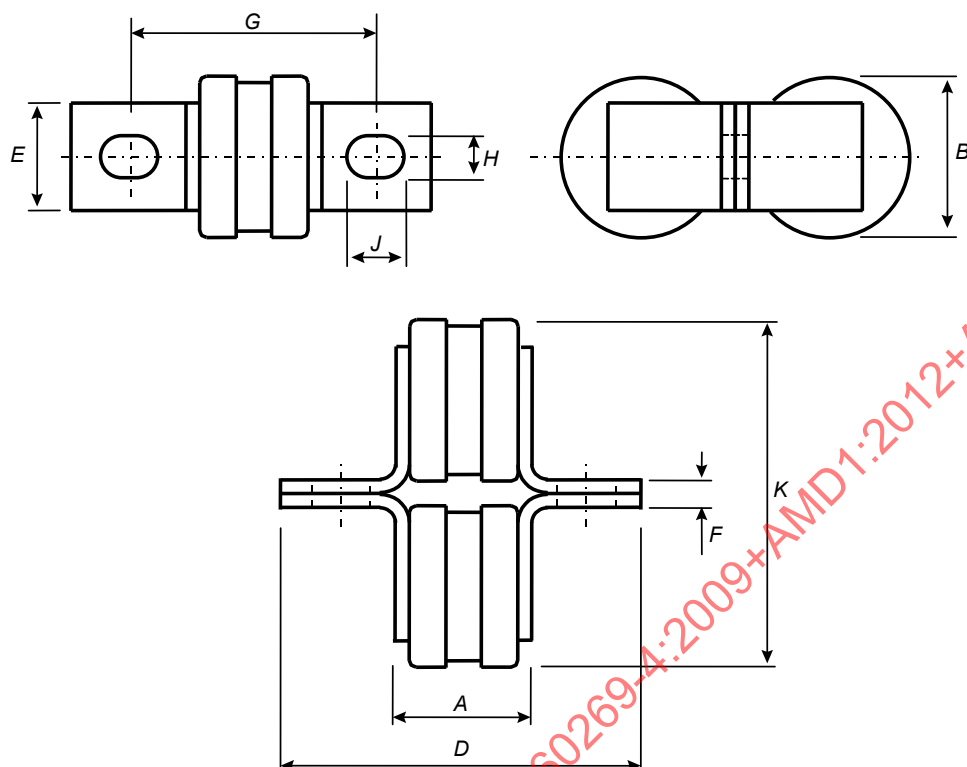
Key

Typical voltage rating V a.c.	Typical Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	20	29	8,7	47,6	6,4	0,9	38	4	4,8	8,8
690	20	55	8,7	75	6,4	0,9	64,5	4	4,8	8,8
230	180	29,2	17,7	58,4	12,7	2,5	42	6,4	7,9	19,3
690	100	50,6	17,7	79,8	12,7	2,5	63,5	6,4	7,9	19,3
230	450	32,6	38,2	85	25,4	3,3	59	10,3	13	41,5
690	355	60	38,2	114	25,4	3,3	85	10,3	13	41,5

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.1 – Single body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 693/09

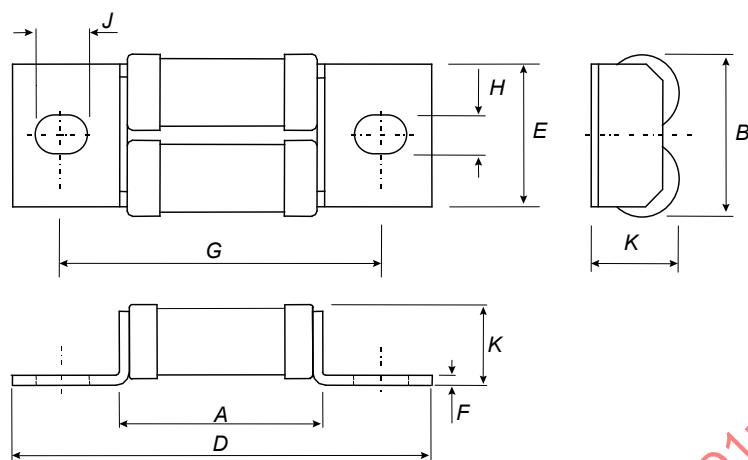
Key

Typical voltage rating V a.c.	Typical Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F nom.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	900	32,6	38,2	85	25,4	6,4	59	10,3	13	83
690	710	60	38,2	114	25,4	6,4	85	10,3	13	83

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.2 – Double body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 694/09

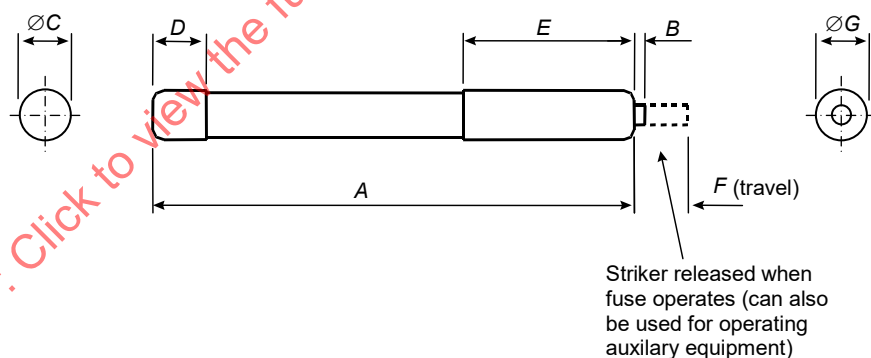
Key

Typical voltage rating V a.c.	Typical Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
690	200	50,6	37	95	32	1,6	70	8,7	10,3	19,9

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.3 – Twin body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 695/09

Key

Typical voltage rating V a.c.	A max.	B nom.	ØC nom.	D max.	E nom.	F nom.	ØG max.
230	48	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9
690	62	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.4 – Striker fuse-links

CC.3 System of fuse-links with bolted connections, type B - DIN

CC.3.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.5 and CC.6. They have rated currents up to 1 250 A and rated voltages up to 1 250 V a.c.

CC.3.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.1)

Table CC.1 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.3.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

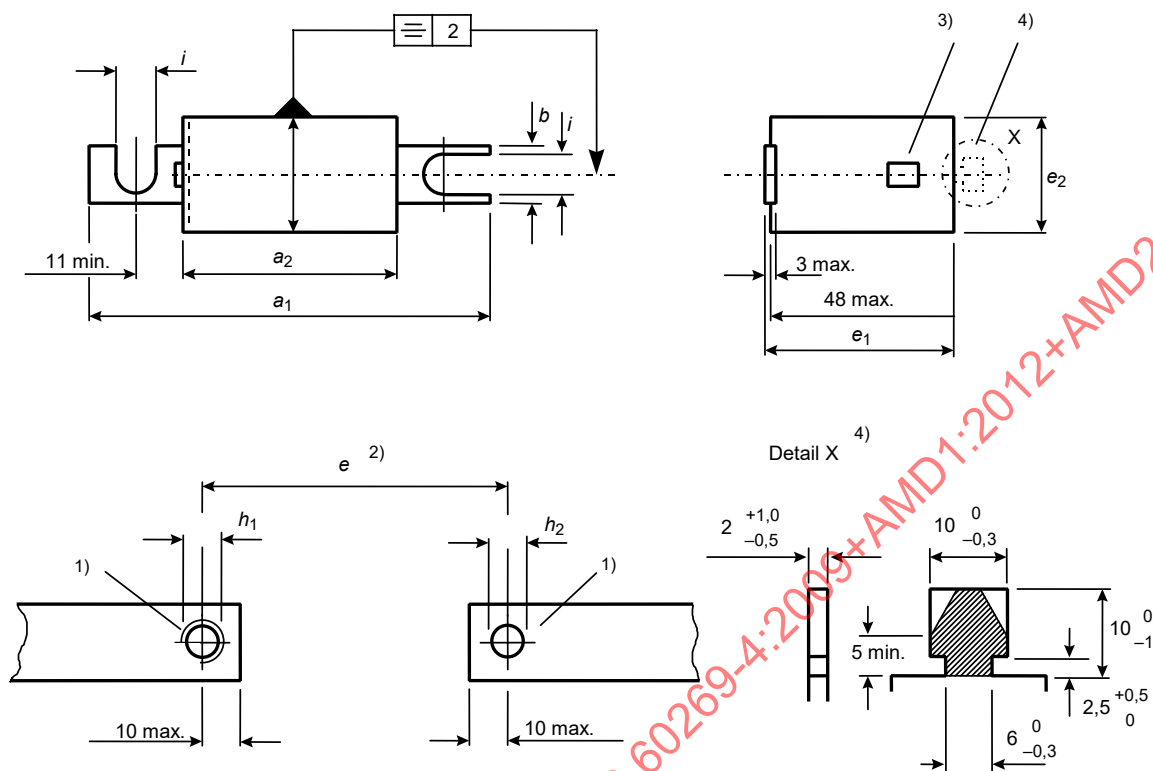
The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figures CC.5 and CC.6.

Fuse-links with other fixing dimensions, for example elongated holes, longitudinal or cross-slots, shall be agreed between manufacturer and user.

CC.3.4 Construction of a fuse-link

If the fuse-link is provided with an indicator or striker, then its position has to be agreed between the manufacturer and user.

Dimensions in millimetres



IEC 696/09

Key

Body size	e ± 2	a_1 max.	a_2 max.	b min.	e_1 max.	e_2 max.	h_1	h_2 $+0,3$ 0	i 0 $-0,5$
000	80	105	56	20	51	21	M8	9	9
00	80 110	105 140	56 86	20	51	30	M10	11	11

1) Thread or corresponding through-hole for flat terminations

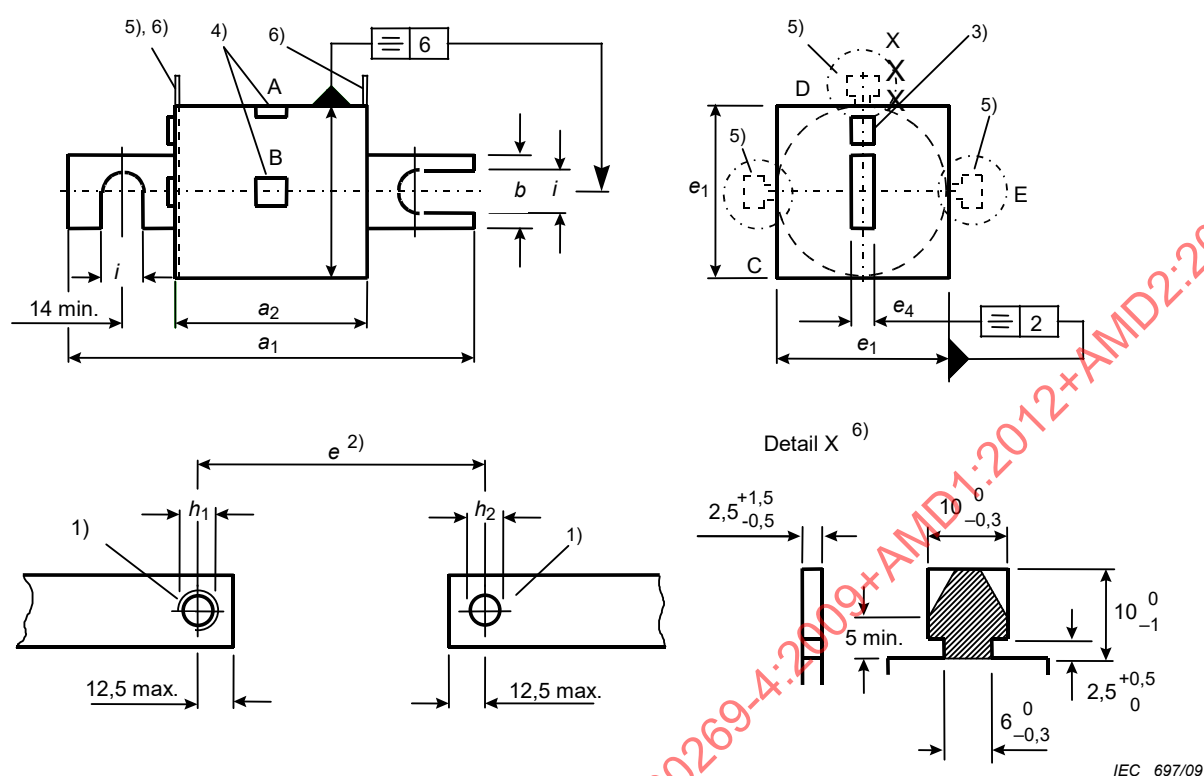
2) Distance of terminals

3) Indicator or striker (if required)

4) Lug for signalling device (if required)

Figure CC.5 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 000 and 00

Dimensions in millimetres



IEC 697/09

Key

Body size	e ± 2	a_1 max.	a_2 max.	b min.	e_1 max.	e_4 max.	h_1	h_2 $+0,3$ 0	i 0 $-0,5$
0	80 110	110 150	50 80	19	45	6,5	M10	11	11
1	80 110	110 150	50 80	24	53	6,5	M10	11	11
2	80 110	110 150	50 80	24	61	6,5	M10	11	11
3	80 110 170 210	110 150 210 250	50 80 140 180	29	76	6,5	M12 7)	13	13 8)

- 1) Thread or corresponding through-hole for flat terminations
- 2) Distance of terminals
- 3) Indicator or striker (if required)
- 4) Indicator or striker, position A or B (if required)
- 5) Alternative positions C, D and E for lug for signalling device (if required)
- 6) Gripping lugs, dimensions according to Figure 101 of IEC 60269-2 (if required)
- 7) M10 also possible
- 8) 11 also possible for M10

Figure CC.6 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 0, 1, 2 and 3

CC.4 System of fuse-links with bolted connections, type C – North American

CC.4.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.7. Their a.c. rated voltages (see CC.4.3) and currents are as follows:

- 130/150 V a.c. up to 1 000 A;
- 250/300 V a.c. up to 800 A;
- 500 V a.c. up to 1 200 A;
- 700 V a.c. up to 600 A;
- 1 000 V a.c. up to 800 A.

For d.c. voltage ratings, see CC.4.4.

CC.4.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.7.

CC.4.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

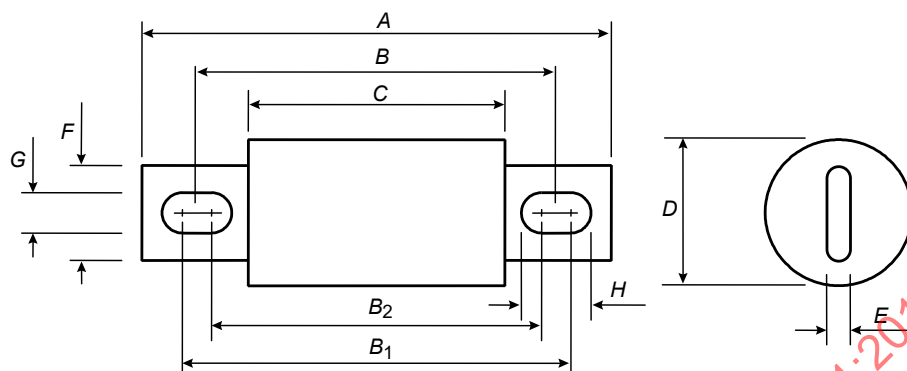
$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \%$ of the rated voltage.

CC.4.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix} \%$ of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



IEC 698/09

Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred current rating A	A max.	B nom.	B ₁ max.	B ₂ min.	C max.	D max.	E max.	F min.	G max.	H max.
150	50 – 450	69,1	52,4	57,5	45	31	29,1	5,2	22,6	8,3	20,9
	500 – 1 000	90,6	62,0	67	47,5	33,4	40,9	6,8	25,8	10,7	30,2
250/300	35 – 60	82,6	61,9	67,5	55,5	42,9	21	3,6	19,5	9,1	21,1
	65 – 200	81,1	60,3	64	54	42,9	31,8	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 800	99,2	70,6	79	55,5	42,1	51,2	6,8	25,4	12,3	25,6
500	35 – 60	92,6	62,7	75	54	54,1	25,4	3,6	19,5	9,1	30,1
	65 – 100	93,5	73,0	79	66,5	55,6	25,8	3,7	19,5	9,3	21,8
	110 – 200	93,8	73,0	76,5	66,5	55,7	31,4	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 400	111,9	83,3	89	68	54,8	38,5	6,8	25,8	11,4	32,4
	450 – 600	115,6	86,5	91,5	69	58	51,2	6,8	38,5	12,3	33,8
	700 – 800	166	110,0	128	85,5	58	63,9	10,1	51,2	15,9	58,4
	900 – 1 200	178,6	127,0	140	110	84,2	77,4	11,5	60,7	17,9	47,9
700	35 – 60	112,6	92,1	100	72	74,6	25,8	5,2	19	10,7	38,7
	65 – 100	113,6	92,1	95,5	72	74,6	31,4	5,2	19	10,7	34,2
	110 – 200	131	102,4	108	72	73,8	38,5	6,8	25,8	12,3	48,3
	225 – 400	131	102,4	111	73	73,8	51,2	6,8	38,5	14,7	52,7
	450 – 600	181,6	129,4	147	81	73,9	63,9	10,1	38,5	16,3	82,3
1 000	35 – 60	128,6	108,0	111	98	90,5	25,8	5,2	19,5	8,3	21,3
	65 – 100	128,6	108,0	111	104	90,5	31,4	5,2	25,8	9,3	16,3
	110 – 200	146,9	118,4	123	104	89,7	39,3	6,8	25,8	11,7	29,7
	225 – 400	148,1	118,4	124	104	90,5	51,2	6,8	38,5	11,4	31,4
	450 – 800	197,7	150,8	154	117	101,6	89,8	10,1	51,2	16,3	53,3
NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.											

Figure CC.7 – Bolted fuse-links, type C

CC.5 System of fuse-links with flush end connections type A**CC.5.1 Scope**

The following supplementary requirements apply to fuse-links having flush end connections whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.8. They have rated currents up to 5 000 A and rated voltages up to 1 250 V a.c.

CC.5.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.2)**Table CC.2 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links**

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

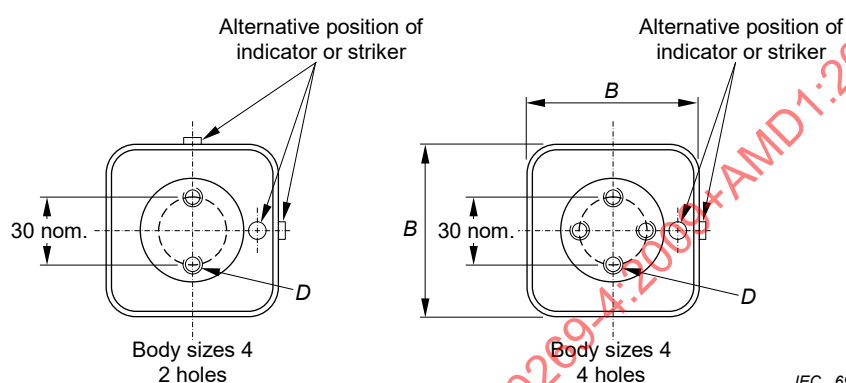
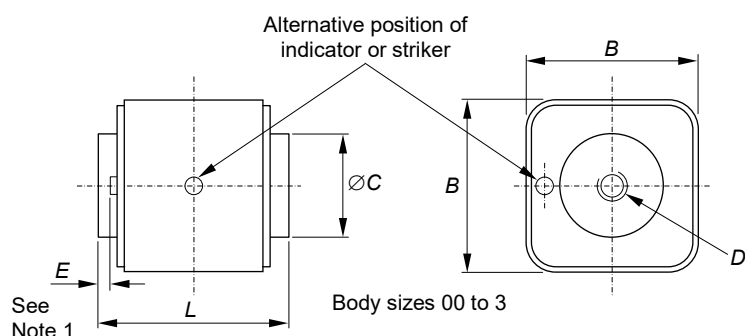
CC.5.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.8.

CC.5.4 Construction of a fuse-link

The fuse-links may have indicators or strikers, and if they are fitted, the standardised positions are shown in Figure CC.8.

Dimensions in millimetres



IEC 699/09

Key

Body size	Preferred maximum Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	L max.	B max.	C min.	D		E
						Thread	Minimum depth	
00	690	400	65	30×48	15	M8	5	0,2
01	690	630	53	45	17	M8	5	0,2
01	1 000	500	77	45	17	M8	5	0,2
01	1 250	400	82	45	17	M8	5	0,2
1	690	1 000	53	53	19	M8	8	0,3
1	1 000	800	77	53	19	M8	8	0,3
1	1 250	630	82	53	19	M8	8	0,3
2	690	1 600	53	61	23	M10	9	0,4
2	1 000	1 250	77	61	23	M10	9	0,4
2	1 250	1000	82	61	23	M10	9	0,4
3	690	2 500	53	76	28	M12	9	0,5
3	1 000	2 000	93	76	28	M12	9	0,5
3	1 250	1 600	99	76	28	M12	9	0,5
4 hole								
4	690	5 000	67	120	50	M10	9	2,0
4	1 000	4 000	89	120	50	M10	9	2,0
4	1 250	3 150	110	120	50	M10	9	2,0
2 hole								
4	690	5 000	94	120	50	M12	10	2,0
4	1 000	4 000	100	120	50	M12	10	2,0
4	1 250	3 150	120	120	50	M12	10	2,0

NOTE 1 Minimum distance between mounting face and other fuse features.

NOTE 2 Alternative shapes of the end contact are permitted provided the surface area is not less than those shown.

NOTE 3 For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.8 – Flush end fuse-links, type A

CC.6 System of fuse-links with flush end connections, type B – North American

CC.6.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having flush end connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.9. Their a.c. rated voltages (see CC.6.4 3) and currents are as follows:

- 130/150 V or 150 V a.c. up to 6 000 A;
- 250/300 V a.c. up to 4 500 A;
- 600 V a.c. up to 2 000 A.

For d.c. voltage ratings see CC.6.4

CC.6.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.9.

CC.6.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

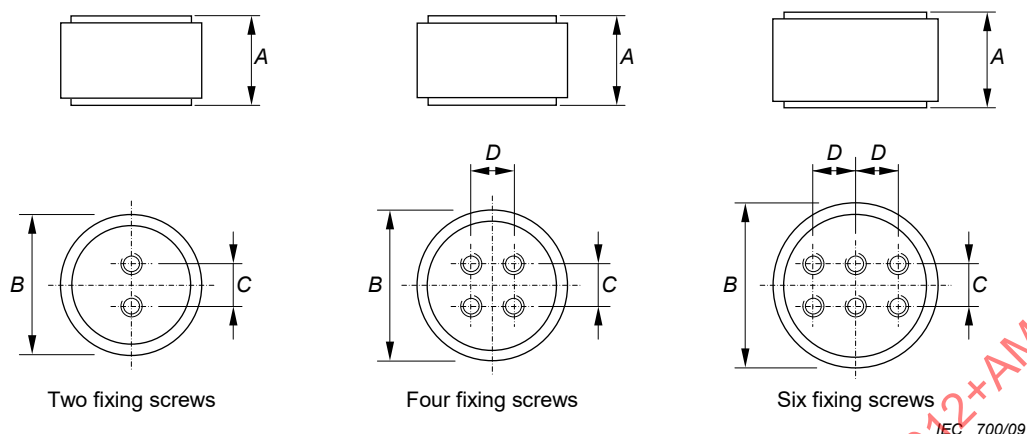
$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

CC.6.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred current rating A	A max.	B max.	C max.	D max.	Thread inches ^a	Fixing screws
130/150	1 000 – 2 000	49,2	51,2	25,8		3/8"-24 × 1/2"	2
	2 500 – 3 000	49,2	76,6	38,5		1/2"-20 × 1/2"	2
	3 500 – 4 000	49,2	89,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
	5 000 – 6 000	61,9	146,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	6
250/300	800 – 1 200	67,4	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 500 – 2 500	67,4	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	3 000 – 4 500	67,4	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
600	700 – 800	103,2	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 000 – 1 200	103,2	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	1 500 – 2 000	103,2	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
^a Diameter – threads per inch × depth.							
NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.							

Figure CC.9 – Flush end fuse-links, type B

CC.7 System of fuse-links having cylindrical contact caps, type A – North American

CC.7.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having cylindrical contact caps whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.10. Their a.c. rated voltages (see CC.7.3) and currents are as follows:

- 150 V a.c. up to 60A;
- 600 V a.c. up to 30 A;
- 1 000 V a.c. up to 30 A.

For d.c. voltage ratings see CC.7.4.

CC.7.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.10.

NOTE Dimensions of fuse-links having cylindrical contact caps are also standardized in IEC 60269-2, System of fuses F:

sizes 10 × 38;
14 × 51;
22 × 58.

CC.7.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

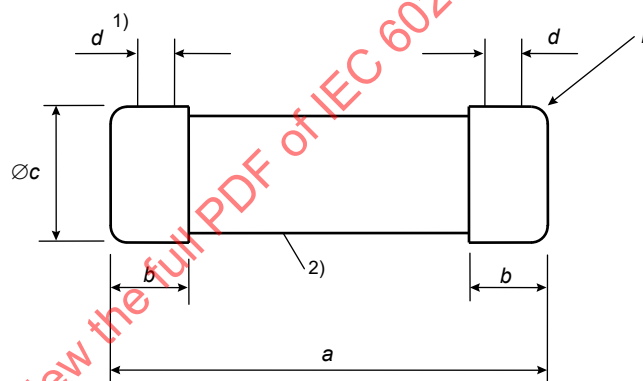
100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

CC.7.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



Key

Maximum Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	<i>a</i>	<i>b</i> max.	<i>c</i>	<i>d</i> min.	<i>r</i>
150	35-60	51 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -1 \end{smallmatrix}$	15,9	20,6 ± 0,2	6	2 ± 1
600	1-30	127 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -3 \end{smallmatrix}$	16,2	20,6 ± 0,2	11	2 ± 1
1 000	1-30	66,7 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -2 \end{smallmatrix}$	16,2	14,5 ± 0,2	11	2 ± 1

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

- 1) Cylindrical part within which the specified tolerances shall not be exceeded.
- 2) The diameter of the cartridge between the end caps shall not exceed diameter *c*.

Figure CC.10 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type A

CC.8 System of fuse-links having cylindrical contact caps, type B - French

CC.8.1 Scope

The supplementary requirements apply to fuse-links having cylindrical contact caps whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.11 and CC.12. The preferred rated voltages and corresponding rated currents are as follows (see Table CC.3):

Table CC.3 – Preferred Typical rated voltages and preferred maximum rated currents

Preferred rated voltages Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum rated currents current rating A	Size
600	63	14 × 51
600	125	22 × 58
690	32	10 × 38
690	50	14 × 51
690	100	22 × 58
690	250	27 × 60
800	100	27 × 60
1 500	63	20 × 127
1 500	63	22 × 127
1 500	100	36 × 127
2 500	25	20 × 127
3 000	63	20 × 190
3 000	100	36 × 190

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

CC.8.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.4)

Table CC.4 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	1,1 I_n	2,1 I_n	1,5 I_n	2,1 I_n
$4 < I_n < 16$	1	1,1 I_n	1,9 I_n	1,5 I_n	1,9 I_n
$16 \leq I_n \leq 63$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3	1,1 I_n	1,6 I_n	1,25 I_n	1,6 I_n
$400 < I_n$	4				

CC.8.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

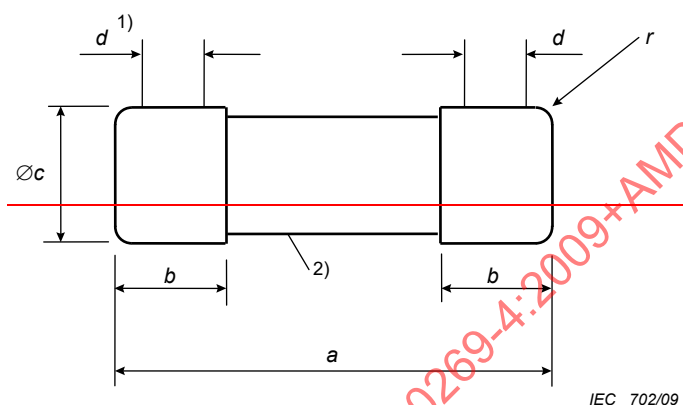
The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.11 and CC.12.

NOTE Dimensions of fuse-links having cylindrical caps are also standardized in

– IEC 60269-2, System of fuses F:

sizes 10 × 38;
14 × 51;
22 × 58;

– IEC 60269-2, System of fuses H.

**Key**

Size	a	b max.	c	d min.	r
10 × 38	38 ± 0,6	10,5	10,3 ± 0,1	6	1,5 ± 0,5
14 × 51	51 ± 0,6	13,8	14,3 ± 0,1	7,5	2 ± 1
22 × 58	58 ± 0,1 -2	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
27 × 60	60,3 ± 0,8	16,3	27 ± 0,2	11	1,7 ± 1
20 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
22 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
36 × 127	127 ± 2 ³⁾	27	36,3 ± 1	24,7	
36 × 190	188 ± 2	27	36,3 ± 1	24,7	

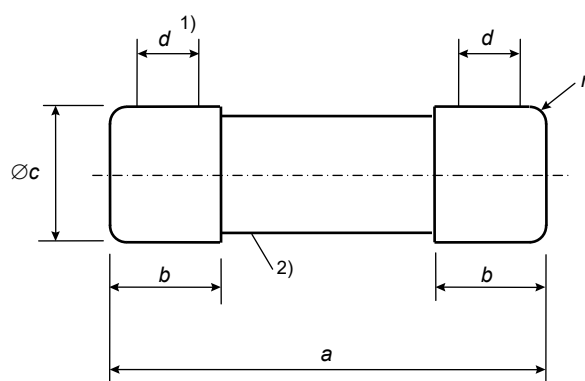
1) — Cylindrical part within which the specified tolerances shall not be exceeded.

2) — The diameter of the cartridge between the end caps shall not exceed diameter c.

3) — For striker versions, the tolerance is ± 1.

The drawing is not intended to govern the design of fuse-links except as regards the notes and dimensions shown.

Dimensions in millimetres



IEC 332/12

The drawings are not intended to govern the design of fuse-links except as regards the notes and dimensions shown.

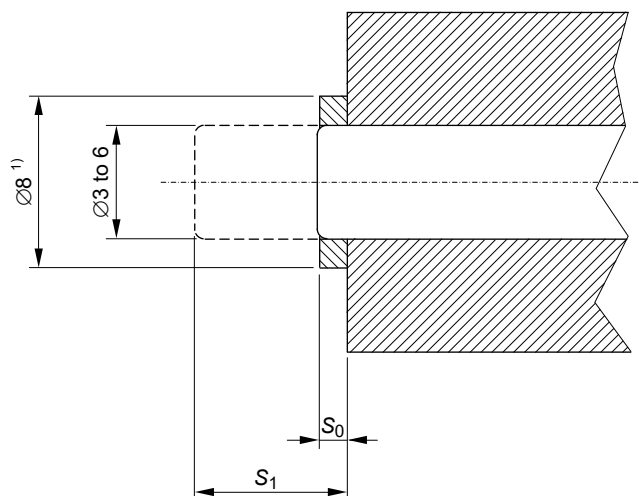
Size	a	b max.	c	d min.	r
10 × 38	38 ^{+0,9 -0,6}	10,5	10,3 ± 0,1	6	1,5 ± 0,5
14 × 51	51 ^{+0,6 -1}	13,8	14,3 ± 0,1	7,5	2 ± 1
22 × 58	58 ^{+0,1 -2}	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
27 × 60	60,3 ± 0,8	16,3	27 ± 0,2	14	1,7 ± 1
20 × 127	127 ± 1	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
20 × 190	188 ± 2 ³⁾	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
22 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
36 × 127	127 ± 1	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1
36 × 190	188 ± 2 ³⁾	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1

1) Cylindrical part within which the specified tolerances shall not be exceeded.

2) The diameter of the cartridge between the end caps shall not exceed diameter c.

3) For striker versions, the tolerance is ± 1.

Figure CC.11 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type B



Key

S_0 1 mm maximum

S_1 7 mm to 10 mm

1) Diameter of cylinder in which the striker must stay

NOTE The overall length a (see Figure CC.11) does not include S_0

The drawing is not intended to govern the design of fuse-links except as regards the notes and dimensions shown.

**Figure CC.12 – Fuse-links with cylindrical contact caps with striker, type B
(additional dimensions for all sizes except 10 × 38)**

Bibliography

IEC 60050-521, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 551: Power electronics*

IEC/TR 60269-5, *Low voltage fuses – Guidance for the application of low-voltage fuses*

IEC 60269-6, *Low-voltage fuses – Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	56
1 Généralités.....	58
1.1 Domaine d'application et objet	58
1.2 Références normatives	59
2 Termes et définitions	59
3 Conditions de fonctionnement en service	60
4 Classification.....	62
5 Caractéristiques des fusibles	62
6 Marquage.....	66
7 Conditions normales d'établissement	67
8 Essais	68
Annexe AA (informative) Lignes directrices pour la coordination entre les éléments de remplacement et les dispositifs à semiconducteurs.....	82
Annexe BB (normative) Informations à fournir par le constructeur dans sa documentation (catalogue) sur les fusibles destinés à assurer la protection de dispositifs à semiconducteurs	89
Annexe CC (normative) Exemples d'éléments de remplacement normalisés pour la protection des semiconducteurs	90
Bibliographie	108
Figure 101 – Courbe conventionnelle de surcharge (exemple) (X et Y sont des points correspondant à une capacité de surcharge vérifiée)	78
Figure 102 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à platines	79
Figure 103 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à contacts à lames couteaux	81
Figure CC.1 – Eléments de remplacement à corps simple.....	91
Figure CC.2 – Eléments de remplacement à double corps	92
Figure CC.3 – Eléments de remplacement jumelés	93
Figure CC.4 – Eléments de remplacement à percuteur	93
Figure CC.5 – Eléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 000 et 00.....	95
Figure CC.6 – Eléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 0, 1, 2 et 3.....	96
Figure CC.7 – Eléments de remplacement à platines du type C	98
Figure CC.8 – Eléments de remplacement à plots du type A	100
Figure CC.9 – Eléments de remplacement à plots du type B	102
Figure CC.10 – Eléments de remplacement à capsules cylindriques du type A	103
Figure CC.11 – Elément de remplacement à capsules cylindriques du type B.....	106
Figure CC.12 – Elément de remplacement à capsules cylindriques avec percuteur, type B (dimensions supplémentaires pour toutes les tailles sauf les 10 × 38)	107
Tableau 101 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	64
Tableau 102 – Liste des essais complets	69

Tableau 103 – Liste des essais des éléments de remplacement de courant assigné le plus faible d'une série homogène	69
Tableau 104 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure des fusibles pour courant alternatif	75
Tableau 105 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure de fusibles pour courant continu	76
Tableau 106 – Valeurs pour les essais du pouvoir de coupure des éléments de remplacement VSI	77
Tableau 107 – Section des conducteurs en cuivre pour les essais de calibres élevés	71
Tableau CC.1 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	94
Tableau CC.2 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	99
Tableau CC.3 – Tensions assignées type et courant assignés préférentiels maximaux	104
Tableau CC.4 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	104

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES BASSE TENSION –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60269-4 porte le numéro d'édition 5.2. Elle comprend la cinquième édition (2009-05) [documents 32B/535/FDIS et 32B/541/RVD], son amendement 1 (2015-05) [documents 32B/579/CDV et 32B/586A/RVC] et son amendement 2 (2016-08) [documents 32B/651/FDIS et 32B/663/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60269-4 a été établie par le sous-comité 32B: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, du comité d'études 32 de l'IEC: Coupe-circuit à fusibles.

Cette cinquième édition constitue une révision technique. Les modifications techniques significatives par rapport à la quatrième édition sont:

- l'introduction des éléments de remplacement pour onduleur à source de tension, y compris les exigences d'essai;
- les essais sur les caractéristiques de fonctionnement en courant alternatif, maintenant couverts par les essais de pouvoir de coupure;
- la mise à jour des exemples d'éléments de remplacement normalisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

La présente partie doit être utilisée conjointement avec la quatrième édition de l'IEC 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

Cette Partie 4 complète ou modifie les articles ou paragraphes correspondant de la Partie 1.

Lorsque aucune modification n'est nécessaire, la Partie 4 indique que l'article ou le paragraphe approprié est applicable.

Les tableaux et les figures qui sont complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101.

Les annexes supplémentaires sont appelées AA, BB, etc.

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

Une liste de toutes les parties de l'IEC 60269, sous le titre général: *Fusibles basse tension*, est disponible sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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. A 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.

FUSIBLES BASSE TENSION –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

1 Généralités

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

Sauf indication contraire dans le texte qui suit, les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs doivent répondre à l'ensemble des exigences énoncées dans l'IEC 60269-1 ainsi qu'aux exigences supplémentaires fixées ci-après.

1.1 Domaine d'application et objet

Les présentes exigences supplémentaires s'appliquent aux éléments de remplacement destinés à être associés à des matériels comportant des dispositifs à semiconducteurs et utilisés dans des circuits de tensions nominales inférieures ou égales à 1 000 V en courant alternatif, ou 1 500 V en courant continu, ainsi que, s'il y a lieu, dans des circuits de tensions nominales supérieures à ces valeurs.

NOTE 1 Ces éléments de remplacement sont communément dénommés «éléments de remplacement pour semiconducteurs».

NOTE 2 Dans la plupart des cas, une partie du matériel associé sert de socle. Du fait de la grande variété de matériels, il n'est pas possible d'établir des règles de portée générale; il convient que l'aptitude du matériel associé à servir de socle fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Cependant, si des socles ou ensembles porteurs séparés sont utilisés, il est recommandé que ceux-ci répondent aux exigences correspondantes de l'IEC 60269-1.

NOTE 3 L'IEC 60269-6 (Fusibles Basse Tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque) est dédiée à la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.

NOTE 4 Ces éléments de remplacement sont destinés à être utilisés dans des installations fonctionnant aux tensions et tolérances normales de l'IEC 60038. Les essais effectués sur les éléments de remplacement conformes aux précédentes éditions de la présente norme doivent rester valides jusqu'à ce que les équipements évoluent aux valeurs des tensions et tolérances normales de l'IEC 60038.

Les présentes exigences supplémentaires ont pour objet de préciser les caractéristiques des éléments de remplacement pour les semiconducteurs de manière à permettre leur remplacement par d'autres éléments de remplacement ayant les mêmes caractéristiques, à condition que leurs dimensions soient identiques. A cette fin, la présente norme traite en particulier:

- a) des caractéristiques suivantes des fusibles:
 - 1) leurs valeurs assignées;
 - 2) leurs échauffements en service normal;
 - 3) leur puissance dissipée;
 - 4) leurs caractéristiques temps-courant;
 - 5) leur pouvoir de coupure;
 - 6) leurs caractéristiques d'amplitude du courant coupé et leurs caractéristiques I^2t ;
 - 7) leurs caractéristiques de tension de coupure;
- b) des essais de type destinés à vérifier les caractéristiques des fusibles;
- c) des indications à porter sur les fusibles;

d) de la disponibilité et de la présentation des données techniques (voir Annexe BB).

1.2 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).

IEC 60269-1:~~2006~~, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60269-2:~~2006~~, *Fusibles basse tension – Partie 2: Exigences supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels) – Exemples de systèmes de fusibles normalisés A à ~~K~~*

IEC 60269-3:~~2006~~, *Fusibles basse tension – Exigences supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées (fusibles pour usages essentiellement domestiques et analogues) – Exemples de systèmes de fusibles normalisés A à F*

IEC/TR 60269-5, *Fusibles basse tension – Partie 5: Lignes directrices pour l'application des fusibles basse tension*

IEC 60269-6, *Fusibles basse tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

IEC 60664-1: 2000, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

ISO 3, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

2 Termes et définitions

L'IEC 60269-1 s'applique avec les définitions supplémentaires suivantes.

2.2 Termes généraux

2.2.101

dispositif à semiconducteurs

dispositif dont les caractéristiques essentielles sont dues au flux de porteurs de charges à l'intérieur d'un semiconducteur

[VEI 521-04-01]

2.2.102

élément de remplacement pour semiconducteurs

élément de remplacement limiteur de courant capable d'interrompre, dans des conditions spécifiques, tout courant à l'intérieur de la zone de coupure (voir 7.4)

2.2.103

dispositif de signalisation

dispositif incorporé dans le fusible et signalant le fonctionnement du fusible à distance

NOTE Un dispositif de signalisation consiste en un percuteur et en un interrupteur auxiliaire. Des dispositifs électroniques peuvent également être utilisés.

2.2.104

onduleur à source de tension

VSI

onduleur alimenté par une source de tension imposée

[VEI 551-12-11]

2.2.105

élément de remplacement pour onduleur à source de tension

élément de remplacement VSI

élément de remplacement limiteur de courant capable d'interrompre, sous des conditions spécifiées, le courant de court-circuit fourni par la décharge d'un condensateur, connecté au courant continu, dans un onduleur à source de tension

NOTE 1 L'abréviation « élément de remplacement VSI » est utilisée dans ce document.

NOTE 2 Un élément de remplacement VSI fonctionne généralement sous un courant de court circuit fourni par la décharge d'un condensateur connecté au courant continu à travers une très faible inductance, dans le but de permettre un fonctionnement normal en haute fréquence. Cette condition de court-circuit conduit à un taux d'accroissement du courant très élevé équivalent à une très faible valeur de constante de temps, typiquement ~~1 ms~~ à 3 ms ou moins. La tension est continue, même si la tension appliquée décroît quand le courant croît durant le court-circuit.

NOTE 3 Dans certaines applications d'entraînements multiples en courant alternatif, la sortie individuelle des onduleurs peut être éloignée de l'entrée principale du redresseur. Dans ces cas, les impédances correspondantes aux circuits de défaut peuvent influencer le fonctionnement des éléments de remplacement - la constante de temps correspondante et la dimension des condensateurs nécessitent d'être prises en compte pour choisir la protection appropriée contre les courts-circuits.

3 Conditions de fonctionnement en service

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

3.4 Tension

3.4.1 Tension assignée

En courant alternatif, la tension assignée d'un élément de remplacement est rapportée à la tension appliquée; elle est basée sur la valeur efficace d'une tension alternative sinusoïdale. De plus, il est admis que la tension appliquée se maintient à la même valeur pendant toute la durée de fonctionnement de l'élément de remplacement. Tous les essais de vérification des valeurs assignées sont fondés sur ce principe.

NOTE Pour de nombreux cas d'utilisation, la tension appliquée aura une forme suffisamment proche de la forme sinusoïdale pendant la partie essentielle du temps de fonctionnement; cependant, il existe beaucoup de cas où cette condition n'est pas satisfaite.

Le fonctionnement d'un élément de remplacement soumis à une tension non sinusoïdale peut être évalué en comparant en première approximation les moyennes arithmétiques des valeurs des tensions non sinusoïdales et sinusoïdales appliquées.

En courant continu et pour les éléments de remplacement VSI, la tension assignée d'un élément de remplacement est rapportée à la tension appliquée. Elle est basée sur la valeur moyenne. Dans le cas d'un courant continu obtenu par redressement du courant alternatif, les ondulations sont censées ne pas provoquer de variation supérieure à 5 % au-dessus ou à 9 % au-dessous de la valeur moyenne.

3.4.2 Tension appliquée en service

Dans les conditions de service, la tension appliquée est la tension qui, dans un circuit défectueux, provoque une augmentation du courant de façon telle que l'élément de remplacement fonctionne.

En courant alternatif, par conséquent, la valeur de la tension appliquée dans un circuit monophasé à courant alternatif est habituellement identique à la tension de rétablissement à fréquence industrielle. Pour les cas autres que celui de la tension alternative sinusoïdale, il est nécessaire de connaître la tension appliquée en fonction du temps.

Pour une tension unidirectionnelle et pour les éléments de remplacement VSI, les valeurs importantes sont les suivantes:

- la valeur moyenne sur l'ensemble de la durée de fonctionnement de l'élément de remplacement;
- la valeur instantanée vers la fin de la durée d'arc.

3.5 Courant

Le courant assigné d'un élément de remplacement pour semiconducteurs est basé sur la valeur efficace d'un courant alternatif sinusoïdal à fréquence assignée.

En courant continu, la valeur efficace du courant est supposée, en principe, ne pas dépasser la valeur efficace basée sur un courant alternatif sinusoïdal à fréquence assignée.

NOTE Le temps de réponse thermique de l'élément fusible peut être de valeur si faible qu'il ne soit pas admissible qu'un fonctionnement dans des conditions s'écartant sensiblement du courant sinusoïdal puisse être estimé sur la base de la seule valeur efficace du courant. Cela s'applique en particulier à des fréquences de valeur moins élevée et lorsque le courant présente des pointes importantes alternant avec des intervalles considérables de valeurs de courant insignifiantes, comme c'est le cas dans les convertisseurs de fréquence ou les matériels de traction.

3.6 Fréquence, facteur de puissance et constante de temps

3.6.1 Fréquence

La fréquence assignée se rapporte aux fréquences des tension et courant sinusoïdaux qui sont à la base des essais de type.

NOTE En particulier, lorsque la fréquence de fonctionnement en service s'écarte notablement de la fréquence assignée, il y a lieu de consulter le constructeur.

3.6.3 Constante de temps (τ)

En courant continu, les constantes de temps susceptibles de se rencontrer dans la pratique sont considérées comme correspondant à celles figurant dans le Tableau 105.

NOTE 1 Il existe des conditions de service telles que la constante de temps a une valeur supérieure à celle qui est indiquée dans le tableau. Dans un tel cas, il y a lieu d'utiliser un modèle d'élément de remplacement, essayé et marqué en conséquence, ou un élément de remplacement dont l'aptitude a fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. Dans certaines conditions de service, la constante de temps est sensiblement inférieure aux valeurs spécifiées dans le tableau. Dans ce cas, la tension appliquée peut être supérieure à la tension assignée définie dans le Tableau 105.

Pour les éléments de remplacement VSI, les constantes de temps attendues en pratique sont considérées comme correspondant à celles figurant dans le Tableau 106.

NOTE 2 La forte pente de l'accroissement du courant de court circuit est due à la faible inductance, qui peut être considérée comme équivalente à une faible constante de temps.

NOTE 3 Il est possible d'utiliser le $di/dt = E/L$ des conditions de court-circuit à la place de la valeur de la constante de temps.

E = valeur de la tension de la source de puissance continue,
L = inductance totale du circuit de décharge des condensateurs.

3.10 Température à l'intérieur d'une enveloppe

Les valeurs assignées des éléments de remplacement étant basées sur des conditions spécifiées qui ne correspondent pas toujours aux conditions existantes au lieu d'installation, y compris les conditions atmosphériques locales, l'utilisateur peut avoir à consulter le constructeur quant à la nécessité éventuelle de réviser les valeurs assignées.

4 Classification

L'IEC 60269-1 est applicable.

5 Caractéristiques des fusibles

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

5.1 Enumération des caractéristiques

5.1.2 Éléments de remplacement

- a) Tension assignée (voir 5.2)
- b) Courant assigné (voir 5.3 de l'IEC 60269-1)
- c) Nature du courant et fréquence (voir 5.4 de l'IEC 60269-1)
- d) Puissance dissipée assignée (voir 5.5 de l'IEC 60269-1)
- e) Caractéristiques temps-courant (voir 5.6)
- f) Zone de coupure (voir 5.7.1 de l'IEC 60269-1)
- g) Pouvoir de coupure assigné (voir 5.7.2 de l'IEC 60269-1)
- h) Caractéristiques d'amplitude du courant coupé (voir 5.8.1)
- i) Caractéristiques I^2t (voir 5.8.2)
- j) Dimensions ou taille (s'il y a lieu)
- k) Caractéristiques de tension de coupure (voir 5.9)

5.2 Tension assignée

Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 690 V en courant alternatif et à 750 V en courant continu, l'IEC 60269-1 est applicable; pour les tensions supérieures, les valeurs doivent être choisies dans la série R 5 ou, si cela n'est pas possible, dans la série R 10 de l'ISO 3.

Un élément de remplacement doit avoir une tension assignée en courant alternatif ou en courant continu ou une tension assignée VSI. Il peut avoir une ou plusieurs de ces tensions assignées.

5.4 Fréquence assignée

La fréquence assignée est la fréquence à laquelle se rapportent les caractéristiques de fonctionnement.

5.5 Puissance dissipée assignée de l'élément de remplacement

En plus des exigences de l'IEC 60269-1, le constructeur doit indiquer la puissance dissipée en fonction du courant pour la gamme entre 50 % et 100 % du courant assigné ou pour 50 %, 63 %, 80 % et 100 % du courant assigné.

NOTE Dans les cas où il est intéressant de connaître la résistance de l'élément de remplacement, il convient que celle-ci soit déterminée sur la base du rapport entre la puissance dissipée et la valeur de courant correspondante.

5.6 Limites des caractéristiques temps-courant

5.6.1 Caractéristiques temps-courant, zones temps-courant

5.6.1.1 Exigences générales

Les caractéristiques temps-courant d'un élément de remplacement dépendent de la construction ainsi que, pour un élément de remplacement donné, de la température de l'air ambiant et des conditions de refroidissement.

Le constructeur doit fournir des caractéristiques temps-courant basées sur une température de l'air ambiant de 20 °C à 25 °C conformément aux conditions spécifiées en 8.3. Les caractéristiques temps-courant intéressantes sont les caractéristiques de préarc et de fonctionnement.

En courant alternatif, les caractéristiques temps-courant sont établies à la fréquence assignée et pour des temps de préarc et de fonctionnement supérieurs à 0,1 s.

En courant continu, elles sont établies conformément au Tableau 105 ainsi que pour des temps de pré-arc et de fonctionnement supérieurs à 15τ .

Pour les valeurs de courant présumé plus élevées (temps plus courts), les mêmes données doivent être présentées sous forme de caractéristiques I^2t (voir 5.8.2).

5.6.1.2 Caractéristiques temps-courant de préarc

En courant alternatif, la caractéristique temps-courant de préarc doit être basée sur un courant alternatif symétrique d'une fréquence donnée (fréquence assignée).

En courant continu, la caractéristique temps-courant de préarc présente une importance particulière pour des durées supérieures à 15τ pour le circuit considéré; dans cette zone, elle est identique à la caractéristique temps-courant de préarc en courant alternatif.

NOTE 1 En raison du grand nombre de constantes de temps du circuit susceptible de se présenter en service, il est recommandé de présenter les données relatives à des temps inférieurs à 15τ sous forme de caractéristique I^2t de préarc.

NOTE 2 La valeur de 15τ a été choisie pour éviter les effets des différents taux d'accroissement du courant sur la caractéristique temps-courant de préarc à des temps plus courts.

5.6.1.3 Caractéristiques temps-courant de fonctionnement

En courant alternatif avec des temps supérieurs à 0,1 s et en courant continu pour des temps supérieurs à 15τ , la durée d'arc est négligeable comparée au temps de préarc. La durée de fonctionnement est alors équivalente à la durée de préarc ~~maximale~~.

5.6.2 Courants et temps conventionnels

5.6.2.1 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «aR»

Voir 7.4.

5.6.2.2 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Les courants et les temps conventionnels sont spécifiés au Tableau 101.

Tableau 101 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Courant assigné A	Temps conventionnel h	Courant conventionnel			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 63^a$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4				
^a A l'Annexe CC, quelques exemples spécifient les exigences pour $I_n \leq 16$.					
NOTE Voir l'explication de gR et gS en 5.7.1.					

5.6.3 Balises

Ne s'applique pas.

5.6.4 Courbes de surcharge

5.6.4.1 Capacité de surcharge vérifiée

Le constructeur doit indiquer les coordonnées des points le long de la caractéristique temps-courant (voir 5.6.1) pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée en accord avec la procédure indiquée en 8.4.3.4.

Le nombre et la position des points pour lesquels la capacité de surcharge doit être vérifiée doivent être laissés à la discrétion du constructeur. Les ordonnées de temps pour la vérification de la capacité de surcharge doivent être choisies dans l'intervalle 0,01 s à 60 s. D'autres points peuvent être ajoutés après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.6.4.2 Courbe conventionnelle de surcharge

La courbe conventionnelle de surcharge est composée de segments de droites passant par les points pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée. A partir de chacun de ces points, deux demi-droites sont tracées:

- l'une dirigée dans le sens des temps décroissants et parallèle à l'axe des ordonnées;
- l'autre dirigée dans le sens des temps croissants et passant par les points à valeur de I^2t constante.

Cette suite de segments de droites, se terminant sur la demi-droite représentant le courant assigné, constitue la courbe conventionnelle de surcharge (voir Figure 101).

NOTE Pour des applications pratiques, quelques points à capacité de surcharge vérifiée suffisent. Lorsque le nombre de points à capacité de surcharge vérifiée augmente, la courbe conventionnelle de surcharge devient plus précise.

5.7 Zone de coupure et pouvoir de coupure

5.7.1 Pouvoir de coupure et catégorie d'emploi

La première lettre doit indiquer la zone de coupure:

- élément de remplacement «a» (élément de remplacement pouvant couper une partie des courants seulement, voir 7.4);
- élément de remplacement «g» (élément de remplacement pouvant couper tous les courants).

La seconde lettre «R» ou «S» doit indiquer la catégorie d'emploi pour les éléments de remplacement conformes à cette norme pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

Le type «R» est plus rapide que le type «S» et donne des valeurs inférieures de I^2t .

Le type «S» a une puissance dissipée inférieure au type «R» et permet d'améliorer l'utilisation des conducteurs.

Par exemple:

- aR indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs pouvant couper une partie des courants seulement;
- gR indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs et pour usage général pouvant couper toutes les surcharges, optimisé pour réduire la valeur du I^2t ;
- gS indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs et pour usage général pouvant couper toutes les surcharges, optimisé pour réduire la puissance dissipée.

Certains éléments de remplacement aR sont utilisés pour la protection des onduleurs à source de tension. Même si ce sont des éléments de remplacement aR ordinaires en courant alternatif, il faut qu'ils soient testés différemment sous des conditions de court-circuit VSI à courant continu. Pour cette raison, leur désignation reste « aR » mais il faut que leurs caractéristiques en courant continu soient clairement spécifiées « pour la protection des VSI » dans le catalogue du constructeur.

5.7.2 Pouvoir de coupure assigné

Un pouvoir de coupure égal ou supérieur à 50 kA en courant alternatif et à 8 kA en courant continu est recommandé.

En courant alternatif, le pouvoir de coupure assigné est basé sur des essais de type effectués dans un circuit d'impédance exclusivement linéaire sous une tension appliquée sinusoïdale constante de fréquence assignée.

En courant continu, le pouvoir de coupure assigné est basé sur des essais de type effectués dans un circuit d'inductance et de résistance exclusivement linéaires sous une tension appliquée moyenne.

Pour VSI le pouvoir de coupure assigné est basé sur les essais de type réalisés dans des circuits comportant de très faibles inductances et résistances sous tension continue ou de décharge de condensateurs.

NOTE Dans la pratique, l'adjonction d'impédances non linéaires et de composantes de tension unidirectionnelles peut influencer sensiblement sur les conditions de coupure, soit favorablement, soit défavorablement.

5.8 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé et I^2t

5.8.1 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé

Le constructeur doit fournir les caractéristiques d'amplitude du courant coupé qui doivent être représentées, suivant l'exemple donné à la Figure 4 de l'IEC 60269-1, en utilisant un graphique à double échelle logarithmique ayant le courant présumé pour abscisse et, si nécessaire, la tension appliquée et/ou la fréquence comme paramètre.

En courant alternatif, les caractéristiques d'amplitude du courant coupé doivent représenter les valeurs les plus élevées du courant susceptibles de se présenter en service. Elles doivent se rapporter à des conditions correspondant aux conditions d'essai énoncées dans la présente norme, par exemple à des valeurs données de la tension, de la fréquence et du

facteur de puissance. Les caractéristiques d'amplitude du courant coupé peuvent être définies au moyen des essais énoncés en 8.6.

En courant continu, les caractéristiques d'amplitude du courant coupé doivent représenter les valeurs les plus élevées du courant susceptibles de se présenter en service dans des circuits dont la constante de temps est spécifiée dans le Tableau 105 pour les éléments de remplacement aR, gS et gR, ou dans le Tableau 106 pour les éléments de remplacement aR dans les applications VSI. Pour les éléments de remplacement aR, gS et gR, dans des circuits à constantes de temps moins élevées que celles du Tableau 105, ces valeurs seront dépassées. Le constructeur doit fournir les indications nécessaires à la détermination de ces valeurs plus élevées de la caractéristique d'amplitude du courant coupé.

NOTE La caractéristique d'amplitude du courant coupé varie en fonction de la constante de temps du circuit. Il convient que le constructeur fournisse les informations permettant de déterminer ces variations au moins pour les constantes de temps de 5 ms et de 10 ms.

5.8.2 Caractéristiques I^2t

5.8.2.1 Caractéristique I^2t de préarc

En courant alternatif, la caractéristique I^2t de préarc doit être basée sur un courant alternatif symétrique d'une fréquence donnée (fréquence assignée).

En courant continu, la caractéristique I^2t de préarc doit être basée sur la valeur efficace d'un courant continu pour une constante de temps dont la valeur est spécifiée dans le Tableau 105 pour les éléments de remplacement aR, gS et gR, ou dans le Tableau 106 pour les éléments de remplacement aR dans les applications VSI.

NOTE Pour ~~certaines~~ les éléments de remplacement aR, gR et gS, la caractéristique I^2t de préarc varie en fonction de la constante de temps du circuit. Il convient que le constructeur fournisse les informations permettant de déterminer ces variations au moins pour les constantes de temps de 5 ms et de 10 ms.

5.8.2.2 Caractéristiques I^2t de fonctionnement

En courant alternatif, les caractéristiques I^2t de fonctionnement doivent être indiquées avec la tension appliquée comme paramètre et pour un facteur de puissance donné. En principe, elles doivent être basées sur l'instant d'établissement du courant qui conduit à la valeur la plus élevée de I^2t de fonctionnement (voir 8.7). Les paramètres de tension doivent inclure au moins 100 %, 50 % et 25 % de la tension assignée.

En courant continu, les caractéristiques I^2t de fonctionnement doivent être indiquées avec la tension appliquée comme paramètre et pour une constante de temps dont la valeur est spécifiée dans le Tableau 105 pour les éléments de remplacement aR, gS et gR, ou dans le Tableau 106 pour les éléments de remplacement aR dans les applications VSI. Les paramètres de tension doivent inclure au moins 100 % et 50 % de la tension assignée. Il est admis de déterminer les caractéristiques I^2t de fonctionnement à des tensions moins élevées sur la base d'essais conformes au Tableau 105 ou au Tableau 106 en fonction de leur application en courant continu ou dans un VSI.

5.9 Caractéristiques de la tension de coupure

Les caractéristiques de la tension de coupure fournies par le constructeur doivent indiquer la valeur la plus élevée (valeur de crête) de la tension de coupure en fonction de la tension appliquée du circuit dans lequel l'élément de remplacement est inséré ainsi que, en courant alternatif, pour les valeurs du facteur de puissance spécifiées au Tableau 104 et, en courant continu, pour les constantes de temps spécifiées dans le Tableau 105 ou au Tableau 106 en fonction de leur application en courant continu ou dans un VSI.

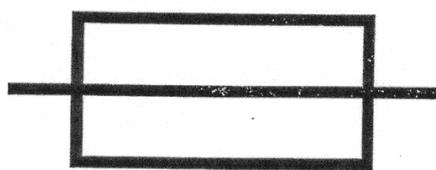
6 Marquage

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

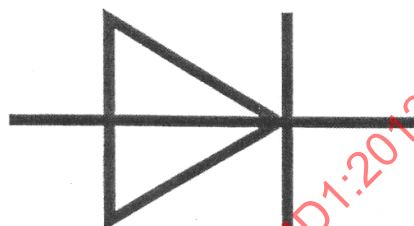
6.2 Marquages et indications des éléments de remplacement

Le Paragraphe 6.2 de l'IEC 60269-1 s'applique avec les compléments suivants:

- référence d'identification du constructeur et/ou symboles permettant de trouver l'ensemble des caractéristiques énumérées en 5.1.2 de l'IEC 60269-1;
- catégorie d'emploi, «aR» ou «gR» ou «gS»;
- combinaison des symboles de l'IEC 60417 d'un fusible (5016) et d'un redresseur (5186) telle que ci-dessous:



Symbole IEC 60417-5016 (2002-10)



Symbole IEC 60417-5186 (2002-10)

7 Conditions normales d'établissement

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

7.3 Echauffement et puissance dissipée de l'élément de remplacement

Les éléments de remplacement doivent être conçus et dimensionnés de manière à pouvoir supporter, lorsqu'ils sont essayés conformément à 8.3, le courant assigné sans dépasser

- la limite d'échauffement à l'endroit le plus chaud de la partie métallique supérieure de l'élément de remplacement indiqué par le constructeur (voir Figures 102 et 103);
- la puissance dissipée au courant assigné indiquée par le constructeur.

7.4 Fonctionnement

L'élément de remplacement doit être conçu et dimensionné de manière à pouvoir supporter d'une façon continue tout courant inférieur ou égal à son courant assigné (voir 8.4.3.4).

Les éléments de remplacement «aR» doivent fonctionner et provoquer la coupure du circuit pour toute valeur du courant inférieure ou égale au pouvoir de coupure assigné et au moins égale à un courant suffisant pour faire fondre l'élément de remplacement spécifié par le constructeur.

Pour les éléments de remplacement «gR» et «gS», dans le temps conventionnel:

- son élément fusible il ne fonctionne pas lorsqu'il est parcouru par un courant inférieur ou égal au courant conventionnel de non-fusion (I_{nf});
- il fonctionne lorsqu'il est parcouru par un courant égal ou supérieur au courant conventionnel de fusion (I_f) et égal ou inférieur au pouvoir de coupure assigné.

7.5 Pouvoir de coupure

Un élément de remplacement doit être capable de couper, sous une tension inférieure ou égale à la tension indiquée en 8.5, tout circuit dont le courant présumé est compris entre un courant spécifié en 7.4 et le pouvoir de coupure assigné:

- en courant alternatif, à un facteur de puissance égal ou supérieur aux valeurs données par le Tableau 104 pour le courant présumé correspondant;
- en courant continu, à des constantes de temps inférieures ou égales aux valeurs spécifiées dans le Tableau 105;
- pour les applications VSI, l'élément de remplacement doit être capable d'interrompre un courant spécifié en 8.5 à des constantes de temps inférieures ou égales à la valeur spécifiée au Tableau 106.

7.7 Caractéristiques I^2t

Les valeurs I^2t de fonctionnement déterminées d'après 8.7 ne doivent pas être supérieures à celles qui sont indiquées par le constructeur. Les valeurs I^2t de préarc relevées selon 8.7 ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées (voir 5.8.2.1 et 5.8.2.2).

7.15 Caractéristiques de tension de coupure

Les valeurs de la tension de coupure mesurées conformément à 8.7.5 ne doivent pas être supérieures à celles qui sont indiquées par le constructeur (voir 5.9).

7.16 Conditions de fonctionnement particulières

Des conditions de fonctionnement particulières, telles qu'une accélération de valeur élevée, doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

8 Essais

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

8.1 Généralités

8.1.4 Disposition du fusible

L'élément de remplacement doit être disposé à l'air libre en atmosphère tranquille et, sauf spécification contraire, en position verticale (voir 8.3.1). Des exemples de dispositions d'essai sont donnés aux Figures 102 et 103. Des dispositions d'essai pour d'autres types d'éléments de remplacement sont indiquées dans l'IEC 60269-2 et dans l'IEC 60269-3.

8.1.5 Essais des éléments de remplacement

8.1.5.1 Essais complets

La totalité des essais sur les éléments de remplacement est listée dans le Tableau 102. La résistance interne de tous les éléments de remplacement doit être déterminée et enregistrée dans le ou les rapports d'essai.

Un élément de remplacement doit avoir un pouvoir de coupure alternatif ou continu ou VSI. Il peut avoir un ou plusieurs de ces pouvoirs de coupure.

Tableau 102 – Liste des essais complets

Essai selon le paragraphe		Nombre d'éléments de remplacement à essayer
8.3	Echauffement et puissance dissipée	1
8.4.3.1 a)	Courant conventionnel de non-fusion	1
8.4.3.1 b)	Courant conventionnel de fusion	1
8.4.3.2	Vérification du courant assigné	1
8.4.3.5	Essai conventionnel des conducteurs en surcharge (pour les éléments de remplacement «gR» et «gS» seulement)	1
En courant alternatif:		
8.5	N° 5 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement pour «gR» et «gS»	1
	N° 2a Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement pour «aR»	1
	No. 2 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement ^a	3
	No. 1 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement ^a	3
8.4.3.4	Vérification de la capacité de surcharge ^b	1
En courant continu:		
8.5	N° 13 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement pour «gR» et «gS»	1
	N° 12a Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement pour «aR»	1
	N° 12 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement	3
	N° 11 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement	3
For Pour les éléments de remplacement VSI:		
8.5	N° 21 Pouvoir de coupure et caractéristiques de fonctionnement	3
^a Valide pour les caractéristiques de I^2t de préarc pour une température ambiante de 20 °C ± 5 °C comprise entre 10 °C et 30 °C.		
^b Il convient que le nombre des points pour lesquels la capacité de surcharge est vérifiée soit laissé à la discrétion du constructeur.		

8.1.5.2 Essais des éléments de remplacement d'une série homogène

Pour les éléments de remplacement de valeurs assignées intermédiaires dans une série homogène, on peut se dispenser des essais de type si l'élément de remplacement ayant le courant assigné le plus élevé a été essayé selon les exigences de 8.1.5.1 et si l'élément de remplacement ayant le courant assigné le plus faible a été soumis aux essais indiqués au Tableau 103.

Tableau 103 – Liste des essais des éléments de remplacement de courant assigné le plus faible d'une série homogène

Essai selon le paragraphe		Nombre d'éléments de remplacement à essayer
8.3	Echauffement et puissance dissipée	1

8.3 Vérification des limites d'échauffement et de la puissance dissipée

8.3.1 Disposition de l'élément de remplacement

L'essai doit être effectué sur un seul élément de remplacement. L'élément de remplacement doit être monté verticalement dans la disposition d'essai conventionnelle. Des exemples sont donnés aux Figures 102 et 103.

La densité de courant des conducteurs en cuivre faisant partie du montage d'essai conventionnel ne doit pas être inférieure à 1 A/mm² ni supérieure à 1,6 A/mm², ces valeurs étant basées sur le courant assigné de l'élément de remplacement. Le rapport entre la largeur et l'épaisseur de ces conducteurs ne doit pas être supérieur à

- 10 pour les courants assignés inférieurs à 200 A;
- 5 pour les courants assignés égaux ou supérieurs à 200 A.

La température de l'air ambiant pendant l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Pour les essais d'échauffement, la section des conducteurs par lesquels le montage d'essai conventionnel est raccordé à l'alimentation est d'importance. La section doit être choisie en conformité avec le Tableau 17 de l'IEC 60269-1 non compris la note, et la longueur des conducteurs de chaque côté de l'élément de remplacement doit être au moins de 1 m.

Pour les éléments de remplacement destinés à être utilisés dans des socles séparés, l'essai peut être effectué avec l'élément de remplacement monté dans ces socles et les conducteurs reliés selon le Tableau 17 de l'IEC 60269-1; dans les autres cas, les conditions d'essai décrites dans les présentes exigences doivent s'appliquer.

Pour des éléments de remplacement spéciaux ou à usage spécial, qui ne se montent pas dans le montage d'essai conventionnel ou pour lesquels ce montage d'essai n'est pas applicable, des essais particuliers doivent être effectués suivant les instructions du constructeur; toutes les données correspondantes doivent être consignées dans le rapport d'essai.

8.3.3 Mesure de la puissance dissipée de l'élément de remplacement

~~Le Paragraphe~~ En plus du 8.3.3 de l'IEC 60269-1 ~~est complété comme~~, ce qui suit s'applique: l'essai de vérification de la puissance dissipée doit être effectué successivement au moins à 50 % et à 100 % du courant assigné ~~pour la fréquence assignée~~. Cet essai peut être effectué en courant alternatif ou en courant continu.

8.3.4 Méthode d'essai

La section des conducteurs en cuivre pour les essais de calibres élevés correspondant à 8.3 et 8.4 sont définis dans le Tableau 107.

Tableau 107 – Section des conducteurs en cuivre pour les essais de calibres élevés

Courant assigné (I_N) A	Section des conducteurs (mm × mm)
1 600	2 fois 100 × 5
2 000	3 fois 100 × 5
2 500	4 fois 100 × 5
3 150	3 fois 100 × 10
≥ 4 000	$I_N \times \text{mm}^2 / A^a$
^a Pour les courants assignés ≥ 4 000 A, la section des conducteurs est définie pour avoir une densité de courant = 1 A/mm ² .	

8.3.5 Résultats à obtenir

Les valeurs de l'échauffement et de la puissance dissipée de l'élément de remplacement ne doivent pas être supérieures aux valeurs spécifiées par le constructeur.

~~A la suite des essais, les caractéristiques de l'élément de remplacement ne doivent pas avoir subi de changements sensibles.~~

8.4 Vérification du fonctionnement

8.4.1 Disposition du fusible

La disposition de l'élément de remplacement pour la vérification du fonctionnement doit être celle qui est décrite en 8.1.4 et 8.3.1.

8.4.3 Méthode d'essai et résultats à obtenir

8.4.3.1 Vérification des courants conventionnels de non-fusion et de fusion

Eléments de remplacement «aR»:

Ne s'applique pas.

Pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»:

Il est autorisé d'effectuer les essais suivants sous une tension réduite:

- l'élément de remplacement est soumis à son courant conventionnel de non-fusion (I_{nf}) pendant un temps égal au temps conventionnel spécifié dans le Tableau 101. Il ne doit pas fonctionner pendant ce temps;
- l'élément de remplacement, après refroidissement jusqu'à la température ambiante, est soumis au courant conventionnel de fusion (I_f). Il doit fonctionner dans le temps conventionnel spécifié dans le Tableau 101. L'élément de remplacement doit fonctionner sans manifestations extérieures ou détériorations.

8.4.3.2 Vérification du courant assigné (voir AA.3.3)

L'élément de remplacement est essayé dans les mêmes conditions d'essai que celles de 8.3.1.

Il est soumis à 100 cycles d'essai comportant chacun une période d'«établissement» de 0,1 fois le temps conventionnel spécifié au Tableau 101 au courant assigné et une période de «coupure» de même durée.

~~A la suite de cet essai, les caractéristiques de l'élément de remplacement ne doivent pas avoir subi de changement (voir 8.3.5).~~

8.4.3.3.1 Caractéristiques temps-courant

Les caractéristiques temps-courant peuvent être vérifiées sur la base des résultats obtenus d'après les relevés oscillographiques effectués pendant l'exécution des essais selon 8.5.

La période de préarc est déterminée depuis l'instant de fermeture du circuit jusqu'à l'instant où la mesure de la tension fait apparaître le début de l'arc.

La valeur de durée de préarc ainsi déterminée, rapportée à l'abscisse correspondant à la valeur du courant présumé, doit se trouver à l'intérieur de la zone temps-courant indiquée par le constructeur.

Pour les courants présumés en alternatif s'approchant des valeurs réelles de durée de préarc de moins de 10 cycles de fréquence assignée et jusqu'à des valeurs de courant où la fusion est adiabatique, les courants doivent commencer de façon que le courant présumé devienne symétrique.

En courant continu, les caractéristiques temps-courant déterminées pour le courant alternatif s'appliquent pour des durées plus longues que 15τ pour le circuit approprié.

Lorsque, pour les éléments de remplacement d'une série homogène (voir 8.1.5.2), l'essai complet selon 8.5 n'est effectué que sur l'élément de remplacement disposant du courant assigné le plus élevé, il doit être alors suffisant de vérifier uniquement la durée de préarc pour l'élément de remplacement disposant du courant assigné le plus faible.

Les caractéristiques temps-courant de préarc peuvent être déterminées pour toute valeur de tension convenable sur tout circuit linéaire. Les essais pour déterminer les caractéristiques temps-courant de fonctionnement nécessitent d'avoir des caractéristiques de circuit et des valeurs de tension appropriées.

8.4.3.4 Surcharge

L'élément de remplacement est essayé dans les mêmes conditions d'essai que celles de 8.3.1.

Il est soumis à 100 cycles de charge, chaque cycle ayant une durée totale égale à 0,2 fois le temps conventionnel, la partie du cycle pendant laquelle le courant passe est telle que la valeur du courant et sa durée correspondent aux coordonnées du point de capacité de surcharge à vérifier, le courant est interrompu pendant le reste du cycle. Le temps conventionnel est celui spécifié au Tableau 101.

~~A la suite de cet essai, les caractéristiques de l'élément de remplacement ne doivent pas avoir subi de changements sensibles (voir 8.3.5).~~

NOTE Ces essais sont considérés comme vérifiant la capacité de surcharge du coupe-circuit en courant continu pour des temps de préarc supérieurs à 15τ du circuit correspondant.

8.4.3.5 Essai conventionnel de protection des conducteurs contre les surcharges (pour les éléments de remplacement «gR» et «gS» seulement)

Pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»: l'IEC 60269-1 est applicable.

8.4.3.6 Fonctionnement des indicateurs de fusion et des percuteurs éventuels

Le fonctionnement correct des indicateurs est vérifié en combinaison avec la vérification du pouvoir de coupure (voir 8.5.5).

Pour vérifier le fonctionnement des percuteurs, si nécessaire, un échantillon supplémentaire doit être testé à:

- un courant I_{2a} (voir Tableau 104 et Tableau 105),
- une tension de rétablissement de 20 V.

La valeur de la tension de rétablissement peut être dépassée de 10 %.

Le percuteur doit fonctionner durant tous les essais.

Cependant, si pendant l'un de ces essais, le dispositif indicateur ou le percuteur ne fonctionne pas, l'essai ne doit pas être considéré comme négatif par rapport à cet aspect si le constructeur peut fournir la preuve qu'un tel défaut n'est pas inhérent au type de fusible mais qu'il est dû à un défaut du seul échantillon essayé. Si un tel défaut se produit, le double du nombre des échantillons doit alors être essayé par un essai de service particulier, sans autre défaut.

Les caractéristiques et la vérification des caractéristiques des indicateurs ou des percuteurs sont soumises à accord entre le constructeur et l'utilisateur.

8.5 Vérification du pouvoir de coupure

8.5.1 Disposition du fusible

Outre les conditions de 8.1.4 et de 8.3.1, les exigences suivantes sont applicables.

Pour les essais du pouvoir de coupure, l'élément de remplacement doit être monté comme il est d'usage, en particulier en ce qui concerne l'emplacement des conducteurs. Lorsque les éléments de remplacement sont destinés à être utilisés avec seulement une des extrémités fixée d'une manière rigide, il y a lieu de les monter de cette façon pour l'essai. Les éléments de remplacement dont les deux extrémités sont toujours fixées rigidement pendant l'emploi doivent être essayés de cette façon.

8.5.5 Méthode d'essai

8.5.5.1 Pour vérifier que l'élément de remplacement remplit les conditions de 7.5 pour le courant alternatif, les essais n^{os} 1 à 2a pour les éléments de remplacement «aR» et les essais 1, 2 et 5 pour les éléments de remplacement «gR» et «gS», comme décrits ci-après, doivent être effectués, sauf spécification contraire, avec les valeurs indiquées dans le Tableau 104 (voir 8.5.5.2) pour chacun de ces essais. Pour le courant continu, les essais n^{os} 11 à 12a pour les éléments de remplacement "aR" et les essais n^{os} 11, 12 et 13 pour les éléments de remplacement "gR" et "gS" doivent être réalisés, sauf spécification contraire, avec les valeurs indiquées dans le Tableau 105. Pour les éléments de remplacement VSI, on doit réaliser l'essai n^o 21 avec les valeurs indiquées dans le Tableau 106.

Essais n^{os} 1 et 2 en courant alternatif; ou n^{os} 11 et 12 en courant continu ou n^o 21 pour les éléments de remplacement VSI: Pour chacun de ces essais, il est procédé consécutivement à l'essai de trois éléments de remplacement. Si, au cours de l'essai n^o 1, les conditions prescrites pour l'essai n^o 2 sont remplies lors d'un ou de plusieurs essais, il n'est pas nécessaire de les répéter au cours de l'essai n^o 2. La même règle s'applique pour les essais n^{os} 11 et 12 en courant continu.

Essais n^{os} 2a et 5 en courant alternatif et n^{os} 12a et 13 en courant continu: En courant alternatif, les valeurs du courant d'essai sont spécifiées au Tableau 104. En courant continu,

les valeurs du courant d'essai sont spécifiées au Tableau 105. Pour les essais en courant alternatif, la fermeture du circuit par rapport au passage par zéro de la tension appliquée peut être effectuée à n'importe quel moment. Si l'installation d'essai ne permet pas de maintenir le courant sous la pleine tension pendant toute la durée requise, il est admis de préchauffer le fusible sous tension réduite par un courant qui a environ la même valeur que le courant d'essai. Dans ce cas, la commutation au circuit d'essai selon 8.5.2 doit être effectuée avant que l'arc ne commence à se former et la durée de commutation T_1 (durée d'interruption du courant) ne doit pas dépasser 0,2 s. Le temps entre l'instant où le courant est appliqué de nouveau et le commencement de l'arc ne doit pas être inférieur à trois fois T_1 .

8.5.5.2 Pour l'un des essais n° 2 et pour l'essai n° 2a ou 5 en courant alternatif, et l'un des essais du n° 12 et pour les essais 12a et 13 en courant continu, ainsi que pour un essai de 21 pour les VSI, la tension de rétablissement doit être maintenue à la valeur de:

- ~~— 100^{+10}_0 % pour les éléments de remplacement de tension assignée 690 V et 100^{+15}_0 % pour tous les autres éléments de remplacement en courant alternatif;~~
- 110^{+2}_{-3} % pour les éléments de remplacement de tension assignée,
- 100^{+20}_0 % de la tension assignée en courant continu,
- 100^{+15}_0 % de la tension assignée en VSI,

pendant au moins:

- 30 s après le fonctionnement d'éléments de remplacement dont ni le corps ni la matière de remplissage ne contient de matériau organique;
- 5 min après le fonctionnement des éléments de remplacement dans tous les autres cas, une commutation à une autre source d'alimentation étant permise après 15 s si la durée de commutation (temps sans tension) n'est pas supérieure à 0,1 s.

Pour tous les autres essais, la tension de rétablissement doit être maintenue à la même valeur pendant 15 s après le fonctionnement du fusible.

Dans un laps de temps d'au moins 6 min et d'au plus 10 min après le fonctionnement, la résistance entre les contacts de l'élément de remplacement doit être mesurée (voir 8.5.8) et enregistrée. Sous réserve de l'accord du constructeur, des durées plus courtes sont admises si l'élément de remplacement ne contient de matériau organique ni dans son corps ni dans la matière de remplissage.

Tableau 104 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure des fusibles pour courant alternatif

	Essais suivant 8.5.5.1			
	N° 1	N° 2	N° 2a	N° 5
Tension de rétablissement à fréquence industrielle ^c	105 ⁺⁵/₀ % pour une tension assignée de 690 V ^a 105 ⁺²/₋₃ % pour une tension assignée de 690 V ^a 110 ⁺⁵/₀ % pour d'autres tensions assignées ^a			
Courant présumé d'essai	I_1	I_2	I_{2a} «aR»	$I_5 = 1,25 I_f$ «gR» et «gS»
Tolérance sur le courant	+10 ⁺¹⁰ / ₀ % ^a	Ne s'applique pas		+20 ⁺²⁰ / ₀ %
Facteur de puissance	0,2 – 0,3 pour courant présumé inférieur ou égal à 20 kA 0,1 – 0,2 pour courant présumé supérieur à 20 kA		0,3 à 0,5 ^b	
Angle de fermeture après passage par zéro de la tension	Ne s'applique pas	0 ⁺²⁰ / ₀ °	Non spécifié	
Commencement de l'arc après passage par zéro de la tension	65° à 90°	Ne s'applique pas		
I_1 est le courant qui intervient dans l'expression du pouvoir de coupure assigné (voir 5.7.2). I_2 est le courant qui doit être choisi de façon que l'essai soit effectué dans des conditions voisines de celles donnant l'énergie d'arc maximale. NOTE Cette condition peut être considérée comme satisfaite si le courant, au moment où l'arc commence à se former (valeur instantanée), a atteint une valeur située entre $0,6\sqrt{2}$ et $0,75\sqrt{2}$ fois le courant présumé (en courant alternatif, valeur efficace de la composante alternative). A titre d'information pour l'application pratique, il est indiqué que cette valeur du courant I_2 peut être trouvée entre trois et quatre fois le courant qui correspond à la durée de préarc d'une demi période de la fréquence assignée sur la caractéristique temps-courant. I_{2a} est la valeur minimale du pouvoir de coupure de l'élément de remplacement dans la zone de surcharge spécifiée par le constructeur (voir 7.4). I_5 est le courant d'essai considéré comme apportant la preuve que le fusible est capable de fonctionner de manière satisfaisante dans la gamme des surintensités faibles.				
^a La tolérance positive peut être dépassée, sous réserve de l'accord du constructeur. ^b Des facteurs de puissance inférieurs à 0,3 peuvent être admis sous réserve de l'accord du constructeur. ^c Pour les circuits monophasés, la valeur efficace de la tension appliquée peut être considérée comme étant égale à la valeur efficace de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.				

8.5.8 Résultats à obtenir

Les éléments de remplacement sont considérés comme ne satisfaisant pas à la présente norme lorsque, pendant les essais, un ou plusieurs des défauts suivants se produisent:

- inflammation de l'élément de remplacement, à l'exclusion de tout repère en papier ou analogue servant d'indicateur de fusion;
- détérioration mécanique du montage d'essai conventionnel;
- détérioration mécanique de l'élément de remplacement;

NOTE Des fêlures dues aux contraintes thermiques mais qui laissent intact l'élément de remplacement sont admises.

- brûlures ou fusion des capsules;
- déplacement non négligeable des capsules.

Tableau 105 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure de fusibles pour courant continu

	Essais suivant 8.5.5.1			
	N° 11	N° 12	N° 12a	N° 13
Valeur moyenne de la tension de rétablissement ^a	115 ⁺⁵ ₋₉ % de la tension assignée ^b			
Courant présumé d'essai	I_1	I_2	I_{2a} «aR»	$I_5 = 1,25 I_1$ «gR» et «gS»
Tolérance sur le courant	+10 ₀ %	Ne s'applique pas		+20 ₀ %
Constante de temps ^c	Lorsque le courant présumé d'essai est supérieur à 20 kA: 10 ms à 15 ms Lorsque le courant présumé d'essai I est inférieur ou égal à 20 kA: $0,5(I)^{0,3}$ ms avec une tolérance de ⁺²⁰ ₀ % ^b (valeur de I en A)			
I_1 est le courant qui intervient dans l'expression du pouvoir de coupure assigné (voir 5.7.2).				
I_2 est le courant qui doit être choisi de façon que l'essai soit effectué dans des conditions voisines de celles donnant l'énergie d'arc maximale.				
NOTE Cette condition peut être considérée comme satisfaite si, au moment où l'arc commence à se former, le courant a atteint une valeur située entre 0,5 et 0,8 fois le courant présumé.				
I_{2a} est la valeur minimale du pouvoir de coupure de l'élément de remplacement dans la zone de surcharge spécifiée par le constructeur (voir 7.4).				
I_5 est le courant d'essai considéré comme apportant la preuve que le fusible est capable de fonctionner de manière satisfaisante dans la gamme des surintensités faibles.				
^a Cette tolérance comprend les ondulations.				
^b La limite supérieure peut être dépassée sous réserve de l'accord du constructeur.				
^c Dans certains cas d'utilisation pratique, il peut y avoir des constantes de temps inférieures à celles qui sont indiquées dans les essais et qui peuvent conduire à un meilleur fonctionnement du fusible. Des constantes de temps nettement supérieures à celles qui sont indiquées auront, dans la plupart des cas, des effets significatifs sur le fonctionnement, notamment en ce qui concerne la tension assignée. Pour de tels cas d'utilisation, des informations supplémentaires peuvent être obtenues auprès du constructeur.				

8.6 Vérification de la caractéristique d'amplitude du courant coupé

8.6.1 Méthode d'essai

En courant alternatif, les essais doivent être effectués comme spécifié au Tableau 104.

En courant continu, les essais doivent être effectués comme spécifié au Tableau 105.

Pour les éléments de remplacement VSI, les essais doivent être effectués comme spécifié au Tableau 106.

Les essais conduits en accord avec 8.5 doivent être utilisés pour l'évaluation selon 8.6.2. Les essais peuvent être utilisés pour évaluer les caractéristiques de tous les fusibles d'une série homogène.

Tableau 106 – Valeurs pour les essais du pouvoir de coupure des éléments de remplacement VSI

	Essais suivant 8.5.5.1
	N° 21
Valeur moyenne de la tension de rétablissement ^a	$110 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} +2 \\ -3 \end{smallmatrix} \%$ de la tension assignée ^b
Courant présumé d'essai	I_1
Tolérance sur le courant	$\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix} \%$
Constante de temps	Entre 1 ms et inférieur à 3 ms ^c
I_1 est le courant qui intervient dans l'expression du pouvoir de coupure assigné (voir 5.7.2).	
^a Cette tolérance comprend les ondulations. ^b La limite supérieure peut être dépassée sous réserve de l'accord du constructeur. ^c La limite supérieure peut être dépassée Un courant présumé avec un très grand di/dt peut être utilisé à la place de la faible constante de temps sous réserve de l'accord du constructeur.	

8.6.2 Résultats à obtenir

En courant alternatif, les caractéristiques du courant coupé doivent être vérifiées à partir des essais n°s 1 et 2 du Tableau 104.

En courant continu, les caractéristiques du courant coupé doivent être vérifiées à partir des essais n°s 11 et 12 du Tableau 105.

Pour les éléments de remplacement VSI, les caractéristiques du courant coupé doivent être vérifiées à partir de l'essai n° 21 du Tableau 106.

8.7 Vérification des caractéristiques I^2t et sélectivité en cas de surintensité

8.7.1 Méthode d'essai

La méthode d'essai est celle qui est spécifiée en 8.6.1.

8.7.2 Résultats à obtenir

En courant alternatif, les caractéristiques I^2t doivent être vérifiées à partir des essais n°s 1 et 2 du Tableau 104.

En courant continu, les caractéristiques I^2t doivent être vérifiées à partir des essais n°s 11 et 12 du Tableau 105.

Pour les éléments de remplacement VSI, les caractéristiques I^2t doivent être vérifiées à partir de l'essai n° 21 du Tableau 106.

Les valeurs de I^2t de préarc pour toute valeur du courant présumé ne doivent pas être inférieures à celles qui sont indiquées par le constructeur.

Les valeurs de I^2t de fonctionnement pour toute valeur du courant présumé ne doivent pas être supérieures à celles qui sont indiquées par le constructeur pour la tension appliquée spécifiée.

8.7.3 Vérification de la conformité pour éléments de remplacement à 0,01 s

Ne s'applique pas.

8.7.4 Vérification de la sélectivité en cas de surintensités

Ne s'applique pas.

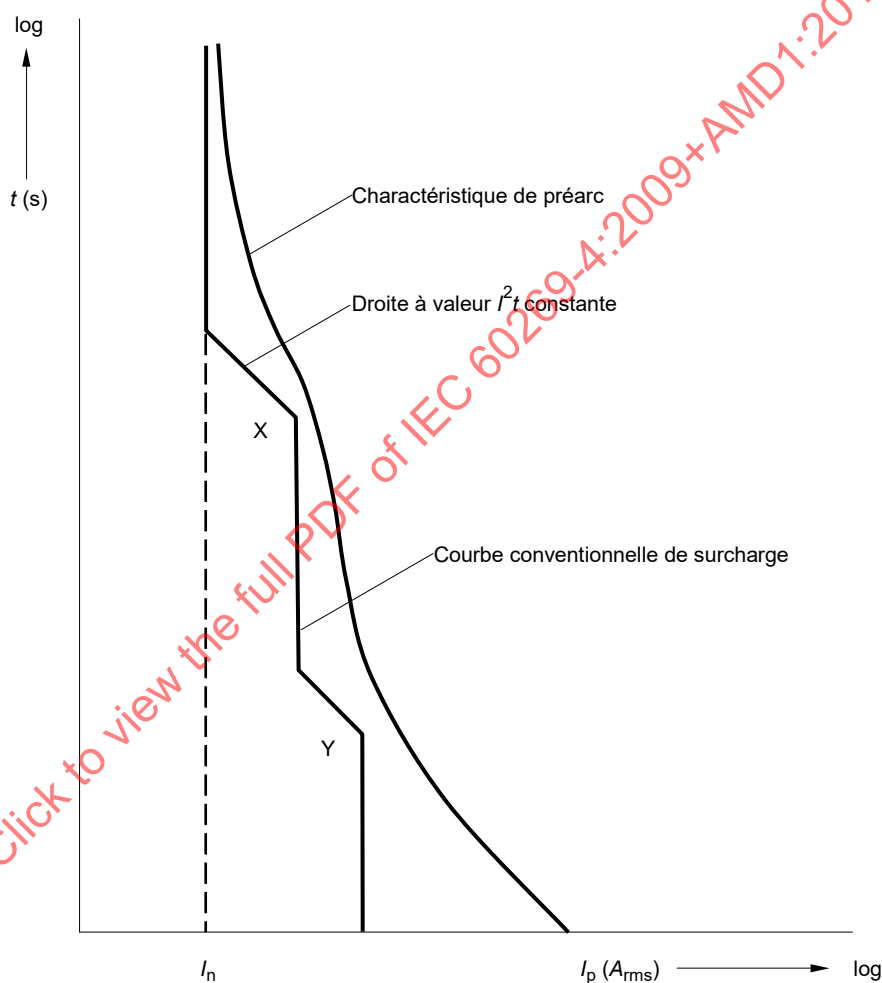
8.7.5 Vérification des caractéristiques de la tension de coupure et résultats à obtenir

Les valeurs de crête de la tension de coupure déduites de chacun des essais suivants ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées par le constructeur.

En courant alternatif, les caractéristiques de tension de coupure doivent être vérifiées à partir des essais n^{os} 1 et 2 du Tableau 104.

En courant continu, les caractéristiques de tension de coupure doivent être vérifiées à partir des essais n^{os} 11 et 2 du Tableau 105.

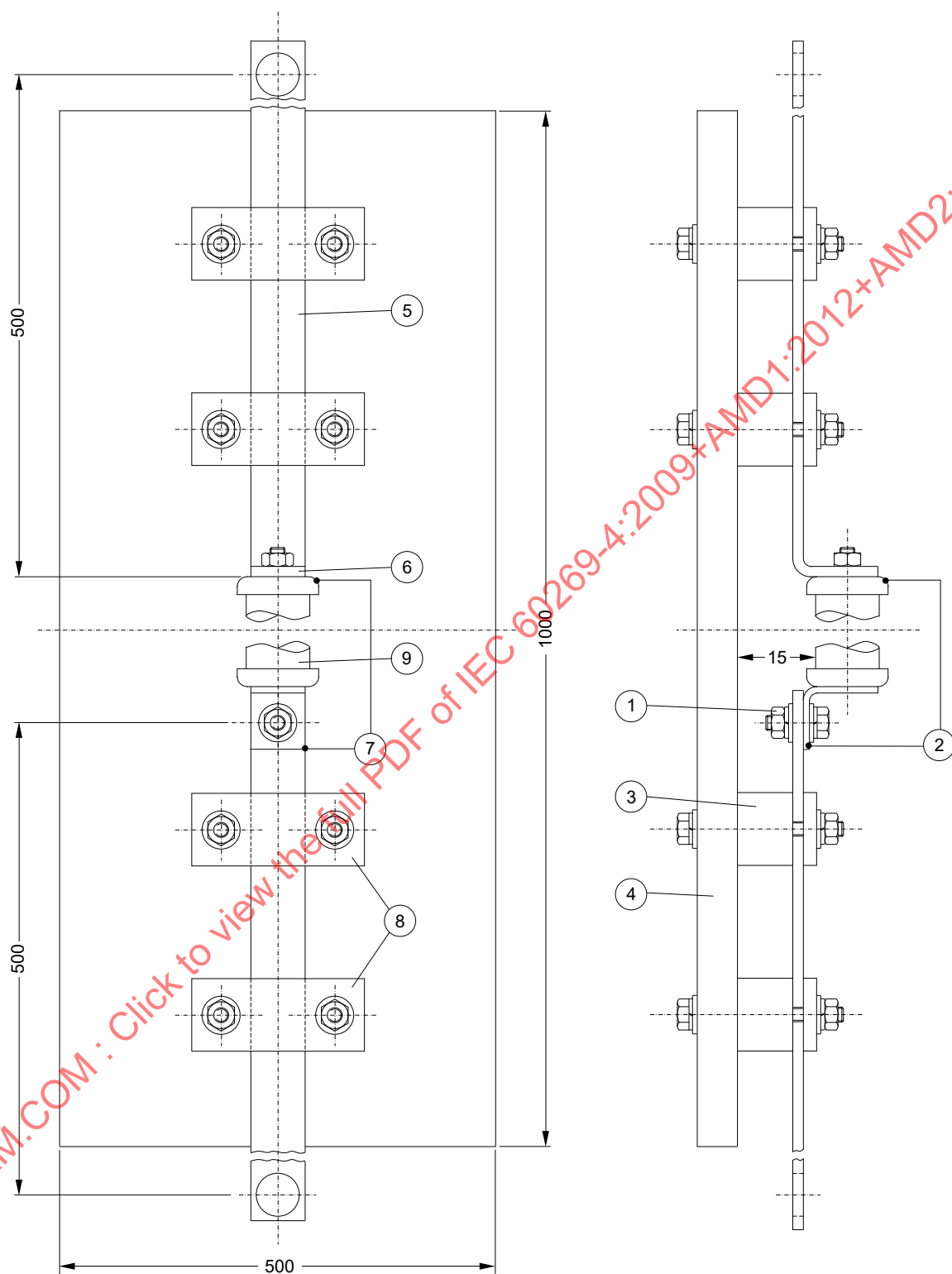
Pour les éléments de remplacement VSI, les caractéristiques de tension de coupure doivent être vérifiées à partir de l'essai n^o 21 du Tableau 106.



IEC 689/09

Figure 101 – Courbe conventionnelle de surcharge (exemple)
(X et Y sont des points correspondant à une capacité de surcharge vérifiée)

Dimensions en millimètres



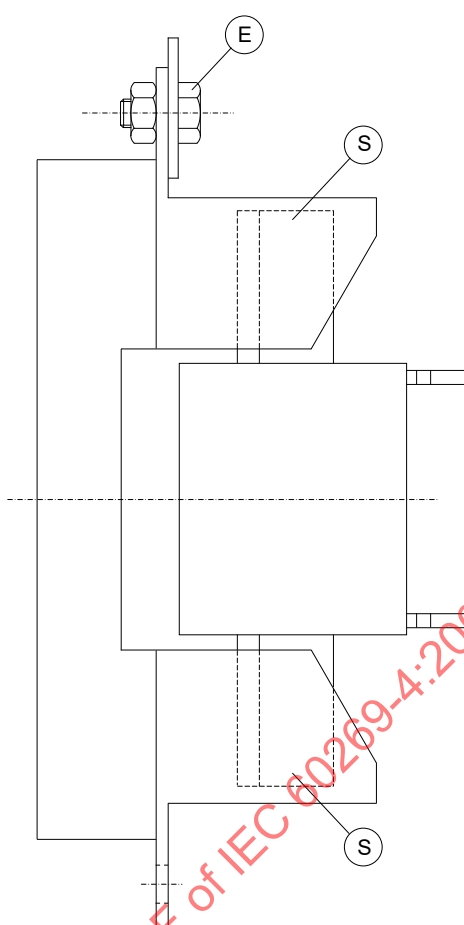
IEC 690/09

**Figure 102 – Exemple de montage d'essai conventionnel
pour éléments de remplacement à platines**

Légende

- 1 boulons de fixation
- 2 points alternatifs de mesure de la tension pour la détermination de la puissance dissipée
- 3 blocs en matière isolante (par exemple en bois)
- 4 plaque de support en matière isolante (par exemple contre-plaqué de 16 mm)
- 5 surface noire mate
- 6 position du couple thermoélectrique installé à l'endroit le plus chaud de la partie métallique supérieure de l'élément de remplacement, indiquée par le constructeur ou spécifiée autrement
- 7 surface des contacts à étamer
- 8 brides en matière isolante. Si nécessaire, les deux brides supérieures peuvent ne pas être serrées.
- 9 le corps de l'élément de remplacement peut être rond ou rectangulaire

Figure 102 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à platines (*fin*)



IEC 691/09

Légende

Points de mesure:

E échauffement

S puissance dissipée

Figure 103 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à ~~contacts à lames~~ couteaux

Annexe AA (informative)

Lignes directrices pour la coordination entre les éléments de remplacement et les dispositifs à semiconducteurs

AA.1 Généralités

La présente annexe n'est valable que lorsque les éléments de remplacement susmentionnés sont utilisés dans des circuits ayant les caractéristiques généralement attribuées aux convertisseurs à semiconducteurs.

Elle traite du fonctionnement des éléments de remplacement dans les conditions examinées, mais ne fournit pas d'indications quant à savoir si un élément de remplacement particulier convient ou non à un convertisseur donné.

NOTE L'attention est attirée sur le fait que les éléments de remplacement destinés à être utilisés en courant alternatif ne conviennent pas nécessairement à l'utilisation en courant continu. Dans tous les cas d'utilisation en courant continu, il y a lieu de prendre l'avis du constructeur. En particulier, il convient de remarquer que la relation entre tension assignée en courant alternatif et tension assignée en courant continu ne peut être exprimée par une formule générale valable. Les quelques références au fonctionnement en courant continu que comportent les présentes lignes directrices ne couvrent pas tous les facteurs à prendre en considération lors de telles utilisations.

La présente annexe a pour objet de définir le fonctionnement présumé des éléments de remplacement sur la base de leurs valeurs assignées et des caractéristiques du circuit dont ils font partie, de manière à permettre de choisir l'élément de remplacement approprié.

AA.2 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les termes et définitions suivants s'appliquent. Voir aussi les termes et définitions de l'Article 2.

AA.2.1

courant pulsé (dans un élément de remplacement pour semiconducteurs)
courant unidirectionnel dont la valeur instantanée varie de façon cyclique et comprend des intervalles importants de valeurs de courant nulles ou insignifiantes, par rapport à la durée de la période totale

NOTE Un courant pulsé typique est le courant circulant dans un seul bras d'un redresseur en pont.

AA.2.2

charge pulsée (dans un élément de remplacement pour semiconducteurs)
charge de courant dont la valeur efficace varie de façon cyclique et comprend des intervalles importants de valeurs de courant nulles ou insignifiantes, par rapport à la durée totale de la période de charge

NOTE Dans un circuit de redresseur, une charge pulsée peut se produire par l'établissement et la coupure périodiques du courant continu, par exemple le démarrage et l'arrêt d'un moteur.

AA.3 Courants admissibles

AA.3.1 Courant assigné

Le courant assigné d'un élément de remplacement pour semiconducteurs est désigné par le constructeur et contrôlé en particulier par l'essai de vérification des limites d'échauffement (voir 8.3) et par un essai de service répétitif tel que celui qui est décrit en 8.4.3.2.

NOTE La capacité de supporter le courant sans détérioration est étroitement liée aux variations de température. Les indications fournies par le constructeur se rapportent aux conditions d'essai (voir 8.1.4 et 8.3). Les conditions de refroidissement dépendent des propriétés physiques des éléments de remplacement, de la circulation du fluide de refroidissement, du type et de la température des connexions et des corps chauds se trouvant au voisinage.

Des indications sur l'influence de ces facteurs peuvent être obtenues auprès du constructeur.

AA.3.2 Courant en service continu

Pour la plupart des éléments de remplacement pour dispositifs à semiconducteurs, le courant en service continu est identique au courant assigné (voir AA.3.1). Toutefois, il convient d'appliquer aux éléments de remplacement conçus pour des applications ne nécessitant pas une circulation du courant assigné de manière continue un facteur de réduction lorsqu'ils sont utilisés en service continu.

AA.3.3 Courant en service répétitif

Les essais de vérification du courant permettent de vérifier que, dans les conditions d'essai, l'élément de remplacement est capable de supporter l'application du courant assigné au moins 100 fois. La durée de vie présumée, exprimée en nombre de cycles, augmentera au fur et à mesure de la réduction de la charge réelle par rapport au courant assigné.

Il convient de demander l'avis du constructeur sur la capacité, pour un élément de remplacement déterminé, de satisfaire ou non aux exigences d'un service répétitif déterminé, étant donné que les essais spécifiés définissent uniquement des exigences minimales pour la durée de vie espérée.

AA.3.4 Courant de surcharge

La capacité de surcharge (voir 5.6.4.1) indiquée par le constructeur est basée sur les coordonnées d'un ou de plusieurs points le long de la caractéristique temps-courant pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée dans des conditions identiques à celles indiquées pour le courant assigné (voir 8.4.3.4). La caractéristique conventionnelle de surcharge issue de ces points vérifiés est une évaluation prudente de la capacité de surcharge (voir 5.6.4.2 et Figure 101).

Etant donné que la surcharge réelle ne présente que rarement la même fonction de temps que la surcharge conventionnelle, elle doit être transformée en une surcharge conventionnelle équivalente comme suit:

- la valeur de crête de la surcharge réelle est prise égale à la valeur de crête d'une surcharge conventionnelle équivalente;
- la durée de la surcharge conventionnelle équivalente doit être telle que son I^2t devienne égal à I^2t de la charge réelle intégrée sur un temps égal à 0,2 fois le temps conventionnel de l'élément de remplacement.

Toute valeur de charge de durée voisine de 0,2 fois le temps conventionnel doit être considérée comme une charge continue en ce qui concerne l'élément de remplacement.

Cependant, puisque la vérification de la capacité de surcharge est fondée sur 100 cycles de surcharge, les cas de surcharge répétitive qui se rencontrent dans la pratique nécessitent, le cas échéant, l'application d'un facteur de réduction. Il y a lieu de demander l'avis du constructeur.

AA.3.5 Valeur de crête du courant (courant coupé)

Les valeurs de crête maximales du courant sont obtenues lorsque l'élément de remplacement fonctionne dans des conditions adiabatiques.

Dans des conditions où le taux d'accroissement du courant est essentiellement constant, la valeur instantanée du courant, atteinte à la fin de la période de préarc, augmente en fonction de la racine cubique du taux d'accroissement. Pour beaucoup d'éléments de remplacement, ceci correspond essentiellement à la valeur de crête. Pour des éléments de remplacement dont la valeur de crête est atteinte considérablement plus tard (pendant la durée d'arc), il n'est pas possible de fournir des informations générales et il convient de consulter le constructeur.

AA.4 Caractéristiques de tension

AA.4.1 Tension assignée

La tension assignée (voir 5.2) d'un élément de remplacement pour la protection de dispositifs à semiconducteurs est une valeur de tension sinusoïdale appliquée à une fréquence assignée (ou, dans quelques cas, à une tension en courant continu) déterminée par le constructeur. Toute information sur l'élément de remplacement se rapporte à la tension assignée. La comparaison des éléments de remplacement de fabrications différentes sur la seule base de la tension assignée est insuffisante.

AA.4.2 Tension appliquée en service

La tension appliquée est la tension dans le circuit en défaut qui donne lieu au courant de défaut. Dans la plupart des cas, il est possible de considérer la tension à vide dans le circuit en défaut comme égale à la tension appliquée, car l'influence de la chute de tension peut être habituellement négligée.

NOTE La tension appliquée peut être modifiée par toute commutation lors du fonctionnement de l'élément de remplacement ou par la tension d'arc d'un autre élément de remplacement.

Pendant la période de préarc, la tension appliquée et l'inductance propre du circuit déterminent le taux d'accroissement du courant de défaut (en général, son accroissement de zéro à presque sa valeur de crête). Dans un circuit donné, c'est-à-dire pour une inductance propre donnée, c'est la valeur de I^2t qui détermine la fin de la période de préarc, et c'est l'intégrale de la tension appliquée pendant cette période qui détermine la valeur instantanée du courant à la fin de la période de préarc.

Pendant la période d'arc, la différence entre la tension d'arc et la tension appliquée détermine le taux de variation du courant. En général, il s'agit d'une diminution de la valeur de crête à zéro. La valeur zéro est atteinte au moment où l'intégrale de cette différence devient égale à l'intégrale de la tension appliquée sur la période de préarc. Pendant le temps au cours duquel la tension d'arc est inférieure à la tension appliquée, le courant continue d'augmenter; cependant, dans la plupart des cas, ce temps est court et l'augmentation correspondante du courant négligeable.

Pour un élément de remplacement fonctionnant dans une zone adiabatique ou presque adiabatique, I^2t de préarc est une quantité bien définie. Même pour des périodes d'arc égales, I^2t d'arc peut présenter des valeurs très différentes. Il atteint son minimum lorsque l'excédent de la tension d'arc atteint son maximum au cours de la première partie de la durée d'arc.

AA.4.3 Tension de coupure

La valeur de crête de la tension de coupure indiquée par le constructeur est celle qui est obtenue dans les conditions les plus défavorables. La caractéristique de la tension de coupure est indiquée en fonction de la tension appliquée. Il convient de limiter la valeur de crête de la tension de coupure à une valeur qui peut être supportée par les dispositifs à semiconducteurs.

AA.5 Caractéristiques de la puissance dissipée

AA.5.1 Puissance dissipée assignée

La puissance dissipée assignée dépend du courant assigné et des conditions d'essai normalisées (voir 8.1.4 et 8.3.1). Le coefficient de température de la résistance de l'élément de remplacement provoque une augmentation de la puissance dissipée plus rapide que celle du carré du courant.

Pour cette raison, le constructeur fournit des renseignements sur la relation entre le courant et la puissance dissipée, soit sous la forme d'une caractéristique de puissance dissipée, soit sous la forme de points particuliers.

La caractéristique de la puissance dissipée peut s'écarter de la valeur assignée en raison de conditions d'installation différentes de celles de l'essai (voir 8.3).

AA.5.2 Facteurs influant sur la puissance dissipée

La puissance dissipée étant considérablement influencée par le rapport entre le courant réel et le courant assigné, il peut être souhaitable d'utiliser des éléments de remplacement de courant assigné plus élevé qu'il ne serait nécessaire pour des raisons de service répétitif et de surcharge. Cependant, des courants assignés plus élevés impliquent des valeurs plus élevées des I^2t . L'utilisation d'un élément de remplacement de courant assigné le plus élevé, assurant une protection suffisante, peut en même temps réduire la puissance dissipée et résoudre les problèmes de service répétitif et de surcharge.

L'utilisation d'un élément de remplacement de tension assignée plus élevée conduit naturellement à des puissances dissipées plus élevées. Si son utilisation est possible en dépit de valeurs plus élevées de tension de coupure, on obtiendra une réduction du I^2t d'arc qui peut permettre le choix d'un élément de remplacement ayant un courant assigné plus élevé, avec, comme conséquence, une réduction de la puissance dissipée.

Les éléments de remplacement comportant des parties en fer peuvent présenter des augmentations sensibles de la puissance dissipée lorsqu'ils sont utilisés à des fréquences supérieures à la fréquence assignée.

AA.5.3 Influence mutuelle

Une connexion électrique très courte entre l'élément de remplacement et le dispositif à semiconducteurs correspondant produit un couplage thermique très important entre ces deux composants.

Par conséquent, toute réduction de la puissance dissipée de l'élément de remplacement peut améliorer la charge de courant dans le dispositif à semiconducteurs.

AA.6 Caractéristiques temps-courant

AA.6.1 Caractéristique de préarc

Un courant pulsé, tel qu'il apparaît dans les branches d'un redresseur ou d'un onduleur, ne peut être considéré sur la seule base de sa valeur efficace. Dans des cas marginaux, il est nécessaire de s'assurer qu'une seule impulsion ne peut pas endommager l'élément fusible. Si, par exemple, on considère une surcharge de courte durée (par exemple inférieure à 0,1 s) en accord avec 8.4.3.4, la crête de surcharge réelle n'est pas la valeur maximale de la valeur efficace, mais la crête de l'impulsion ayant l'amplitude la plus élevée.

Un courant quelconque de fréquence supérieure à la fréquence assignée n'influe pratiquement pas sur la caractéristique I^2t de préarc, sauf dans la zone mentionnée au paragraphe ci-dessus. Pour des valeurs de courant présumé pour lesquelles la durée de

préarc à fréquence assignée est inférieure à un quart de cycle, la tendance à des fréquences supérieures s'oriente vers des durées de préarc moins élevées. Pour des fréquences inférieures à la fréquence assignée, c'est l'effet inverse qui se produit. Cependant, l'attention est attirée sur le fait que l'augmentation de la durée de préarc peut être plus prononcée encore, particulièrement vers les valeurs plus élevées du courant présumé.

Pour les valeurs peu élevées du courant présumé, le seul effet d'un courant asymétrique (courant alternatif à composante continue transitoire) est une légère augmentation de la valeur efficace du courant.

Dans la zone adiabatique, cette influence peut se traduire par une augmentation ou une diminution du taux d'accroissement, le courant réel étant remplacé par le courant symétrique ayant le même taux d'accroissement (ou un taux similaire) pendant la durée de préarc.

Dans la zone critique, où la caractéristique I^2t de préarc s'éloigne de la zone adiabatique, il faut distinguer entre une asymétrie débutant par une onde de forte amplitude et une asymétrie débutant par une onde de faible amplitude. L'onde de forte amplitude donne lieu à une réduction de la valeur I^2t de préarc, l'onde de faible amplitude à une augmentation de la valeur I^2t de préarc.

Lorsqu'on considère la capacité d'un élément de remplacement à supporter un courant asymétrique, la crête de l'asymétrie doit être prise en considération.

En cas de fonctionnement en courant continu, la caractéristique I^2t de préarc fondée sur le courant alternatif peut ne pas s'appliquer du tout, ou ne s'appliquer que partiellement, suivant les paramètres du circuit.

Si la constante de temps du circuit est plus faible que la durée la plus courte considérée, le courant présumé a pour valeur le quotient de la tension appliquée par la résistance.

Si le circuit présente une inductance propre importante, la zone adiabatique de la caractéristique I^2t de préarc peut être utilisée pourvu que l'abscisse corresponde au taux d'accroissement au lieu du courant présumé, c'est-à-dire que le taux d'accroissement du courant continu est déterminé en tant que tension appliquée divisée par l'inductance propre. De plus, il faut supposer que la valeur du courant présumé (tension appliquée divisée par la résistance) soit considérablement plus élevée (trois fois ou davantage) que celle du courant coupé limité au taux d'accroissement considéré.

Pour le reste des cas de fonctionnement en courant continu, il est très difficile de formuler des conclusions significatives en ce qui concerne la durée de préarc que l'on peut attendre de la caractéristique I^2t de préarc normale basée sur le courant alternatif, et il est recommandé que le constructeur soit consulté. Cependant, la majorité des cas est couverte par la méthode de l'équivalence du taux d'accroissement.

La caractéristique I^2t de préarc normale n'apporte que peu d'indications sur le comportement en cas de courant non sinusoïdal, à moins qu'on ait affaire soit à un taux d'accroissement prédominant (c'est-à-dire pour courants très élevés), soit à un courant de valeur tellement faible que les durées longues qui s'ensuivent permettent l'utilisation de la valeur efficace.

AA.6.2 Caractéristique I^2t de fonctionnement

Pour un courant présumé donné, la différence entre la caractéristique I^2t de préarc et la caractéristique I^2t de fonctionnement est la valeur maximale de I^2t d'arc possible dans les conditions pour lesquelles le I^2t de fonctionnement est établi. Les données fournies par le constructeur sont fondées sur un facteur de puissance peu élevé (c'est-à-dire inférieur à 0,3) et sur la valeur efficace de la tension appliquée.

Les conditions les plus défavorables se présentent lorsque la valeur instantanée de la tension appliquée est aussi élevée que possible, tant pendant la période de préarc que pendant la période d'arc. Comme cette situation est rare, on peut en tirer profit.

Pour la même tension appliquée et le même courant de court-circuit présumé, une fréquence plus élevée implique une valeur moins élevée de l'inductance propre, de sorte que la durée d'arc diminue et, dans les limites pratiques, est inversement proportionnelle à la fréquence.

Pour la même tension appliquée et le même courant de court-circuit présumé, une fréquence moins élevée implique une valeur plus élevée de l'inductance propre, de sorte que la durée d'arc augmente et, dans les limites pratiques, est inversement proportionnelle à la fréquence.

NOTE En raison des durées d'arc plus longues et du dégagement d'énergie correspondant, il n'est pas garanti que les éléments de remplacement puissent être utilisés à des fréquences inférieures à la fréquence assignée. Dans le cas où des fréquences de service inférieures aux fréquences assignées sont envisagées, il convient que le constructeur soit consulté.

L'influence du courant asymétrique doit être prise en considération lors du choix de la valeur maximale de la durée d'arc.

Pour le courant continu (voir la Note de AA.1), chaque fois que $I/2t$ de préarc est évalué sur la base du taux d'accroissement (voir AA.6.1), et à condition que le courant coupé limité soit atteint à la fin de la durée de préarc, $I/2t$ de fonctionnement est également valable pourvu que le paramètre de tension (qui est basé sur les valeurs efficaces) soit choisi de manière que la tension continue appliquée soit inférieure à la tension alternative moyenne (90 % de la valeur efficace). Tous les autres cas nécessitent d'être considérés séparément ou il convient qu'ils fassent l'objet d'indications supplémentaires de la part du constructeur.

AA.7 Pouvoir de coupure

Dans les limites des valeurs assignées, le pouvoir de coupure en courant alternatif non sinusoïdal n'est que rarement critique pour les éléments de remplacement pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

Pour les valeurs plus élevées de la tension (éléments de remplacement à haute tension), la coupure de courants de valeurs faibles peut poser des problèmes; cependant, il s'agit là de courants qui ne présentent normalement pas d'intérêt pour l'application considérée ici (voir 7.4).

Le pouvoir de coupure n'est pas altéré par des fréquences supérieures à la fréquence assignée tant que la valeur maximale du taux d'accroissement du courant pour la fréquence assignée n'est pas dépassée. A des fréquences inférieures à la fréquence assignée, l'énergie libérée dans l'élément de remplacement est plus élevée qu'à la fréquence assignée. Il convient que des informations supplémentaires, qui peuvent inclure un essai à des fréquences inférieures à la fréquence assignée, conformément à 8.5.5.1, soient obtenues auprès du constructeur.

Pour le pouvoir de coupure en courant continu (voir la Note de AA.1), l'énergie libérée dans l'élément de remplacement est, dans bien des cas, plus élevée qu'à la fréquence assignée. Souvent, le fonctionnement satisfaisant ne peut être assuré qu'en utilisant un élément de remplacement de tension assignée en courant alternatif notablement plus élevée que la tension d'alimentation continue. Il convient que des informations supplémentaires soient obtenues auprès du constructeur.

AA.8 Commutation

Les courants de court-circuit dans les installations à semiconducteurs affectent normalement des circuits à plusieurs branches entre lesquels la commutation peut avoir lieu pendant le fonctionnement de l'élément de remplacement. Cette commutation peut être provoquée par la variation cyclique de la tension de la source de courant alternatif, par l'amorçage de thyristors ou par la tension d'arc d'un autre élément de remplacement.

Les commutations influent sur le fonctionnement de l'élément de remplacement en modifiant la configuration du circuit, les constantes de circuit et la tension appliquée (par exemple par l'adjonction d'une tension d'arc).

Une autre forme de commutation non intentionnelle susceptible de compromettre le fonctionnement de l'élément de remplacement est celle qui est provoquée par l'apparition d'un défaut secondaire.

Annexe BB (normative)

Informations à fournir par le constructeur dans sa documentation (catalogue) sur les fusibles destinés à assurer la protection de dispositifs à semiconducteurs

L'information doit être donnée séparément pour le courant alternatif et s'il y a lieu, pour le courant continu.

- a) Nom du constructeur (marque de fabrique)
- b) Désignation de type ou référence de catalogue du constructeur
- c) Tension assignée (voir 3.4.1)
- d) Courant assigné (voir 3.5)
- e) Fréquence ou fréquences assignées (voir 5.4)
- f) Pouvoir de coupure assigné (à tension assignée et à différentes tensions de service) (voir 5.7.2 et 8.5)
- g) Caractéristiques temps-courant des durées de préarc et de fonctionnement (diagrammes) et classe de service (symbole), s'il y a lieu (voir 5.6.1 et 8.4.3.3.1)
- h) Caractéristique I^2t de préarc (voir 5.8.2.1 et 8.7.2)
- i) Caractéristique I^2t de fonctionnement rapportée à la tension avec indication du facteur de puissance ou constante de temps (voir 5.8.2.2 et 8.7.2)
- j) Caractéristiques de tension de coupure (voir 5.9 et 8.7.5)
- k) Caractéristique d'amplitude du courant coupé (voir 5.8.1 et 8.6)
- l) Echauffement au courant assigné dans des conditions d'essai conventionnelles et indication d'un point de mesure défini (voir 7.3 et 8.3.5)
- m) Puissance dissipée pour au moins 50 % et 100 % du courant assigné, à des points déterminés ou sous forme de diagramme pour cette gamme (comme paramètres supplémentaires, on pourra prendre 63 % et 80 %) (voir 7.3 et 8.3.3)
- n) Tension minimale de fonctionnement requise de l'indicateur de fusion (voir 8.4.3.6)
- o) Charge de courant admissible en fonction de la température de l'air ambiant (diagramme) (voir 8.4.3.2)
- p) Instructions de montage, si nécessaire, rapportées aux dimensions (croquis)
- q) Charge de courant admissible dans des conditions de montage particulières (par exemple section des conducteurs raccordés, refroidissement obstrué, sources de chaleur supplémentaires, etc.)

NOTE En cas de conditions particulières, il convient que le constructeur soit consulté.

Annexe CC (normative)

Exemples d'éléments de remplacement normalisés pour la protection des semiconducteurs

CC.1 Généralités

La présente annexe est divisée en sept exemples spécifiques de dimensions normalisées:

- système d'éléments de remplacement à platines de type A – Britannique
- système d'éléments de remplacement à platines de type B – DIN
- système d'éléments de remplacement à platines de type C – Nord Américain
- système d'éléments de remplacement à plots de type A
- système d'éléments de remplacement à plots de type B – Nord Américain
- système d'éléments de remplacement à capsules cylindriques de type A – Nord Américain
- système d'éléments de remplacement à capsules cylindriques de type B – Français

Les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs peuvent également avoir les mêmes dimensions que ceux de:

- l'IEC 60269-2: système de fusibles A, B, F et H,
- l'IEC 60269-3: système de fusibles A.

En plus de satisfaire aux exigences de la présente norme, la puissance dissipée des éléments de remplacement ne doit pas dépasser la puissance dissipée acceptable des socles et des ensembles porteurs associés. Si la puissance dissipée de l'élément de remplacement dépasse la puissance dissipée acceptable du socle ou de l'ensemble porteur normalisés, des coefficients de déclassement doivent être donnés par le fabricant.

CC.2 Système d'éléments de remplacement à platines du type A – Britannique

CC.2.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à platines, dont les dimensions satisfont aux exigences données dans les Figures CC.1 à CC.3. Leurs tensions et courants assignés sont ceux qui suivent:

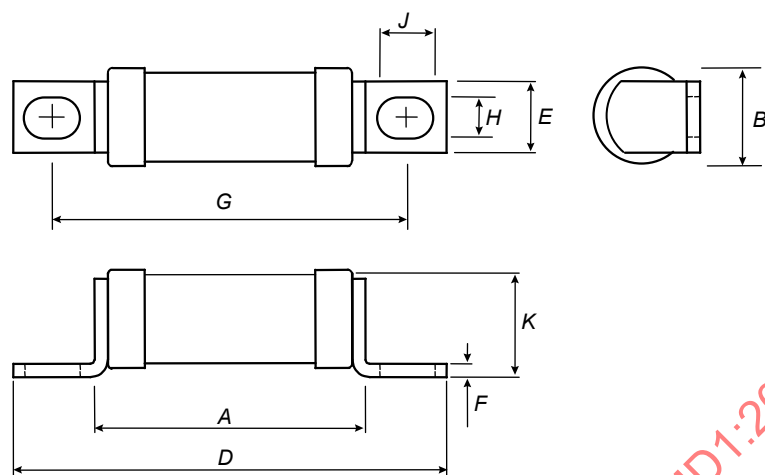
- 230 V en courant alternatif jusqu'à 900 A;
- 690 V en courant alternatif jusqu'à 710 A.

CC.2.2 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données dans les Figures CC.1 à CC.3.

CC.2.3 Construction de l'élément de remplacement

Un élément de remplacement doté d'un indicateur de déclenchement peut être utilisé pour montrer qu'un élément de remplacement a fonctionné. Les dimensions normalisées des éléments de remplacement à percuteur sont données à la Figure CC.4.



IEC 692/09

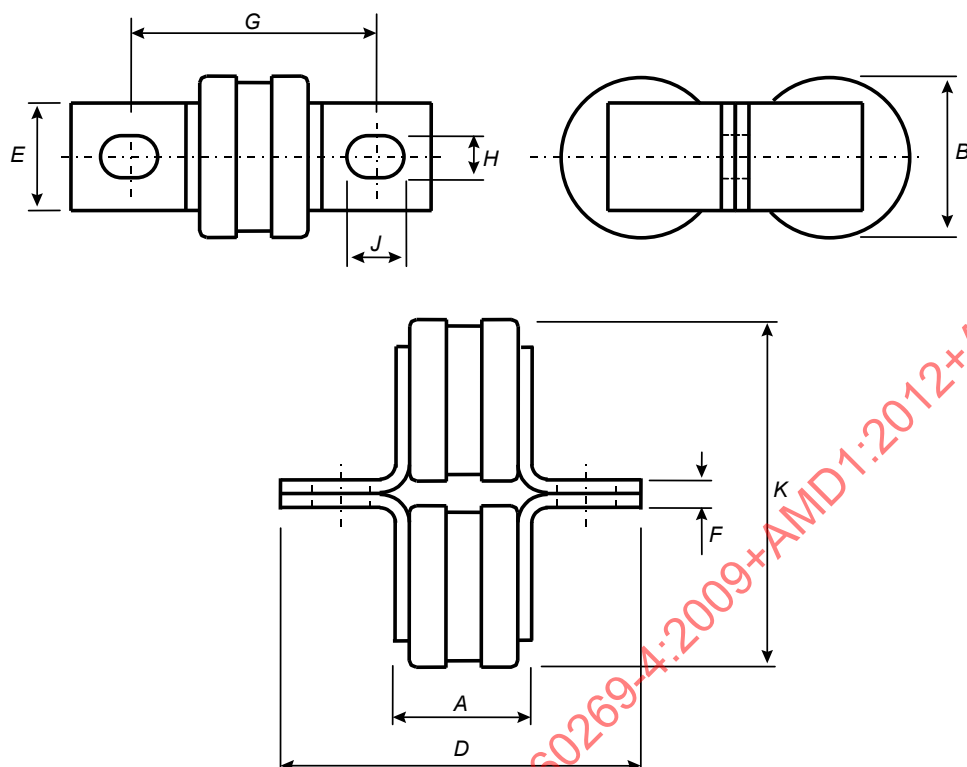
Légende

Tension type assignée typique V a.c.	Courant type assigné maximal assigné préférentiel A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	20	29	8,7	47,6	6,4	0,9	38	4	4,8	8,8
690	20	55	8,7	75	6,4	0,9	64,5	4	4,8	8,8
230	180	29,2	17,7	58,4	12,7	2,5	42	6,4	7,9	19,3
690	100	50,6	17,7	79,8	12,7	2,5	63,5	6,4	7,9	19,3
230	450	32,6	38,2	85	25,4	3,3	59	10,3	13	41,5
690	355	60	38,2	114	25,4	3,3	85	10,3	13	41,5

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.1 – Eléments de remplacement à corps simple

Dimensions en millimètres



IEC 693/09

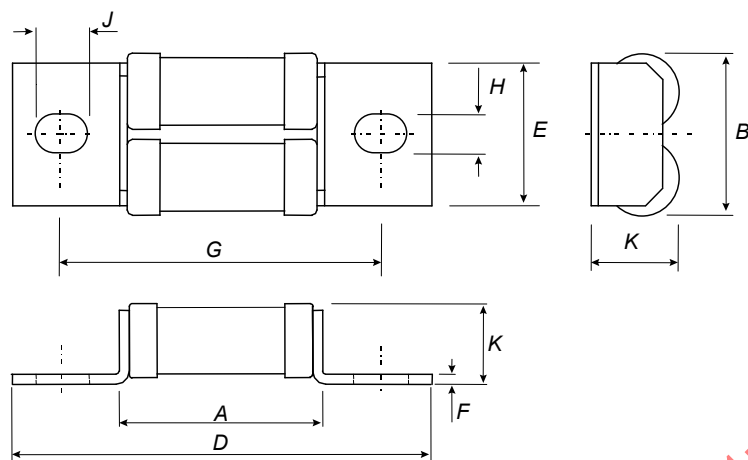
Légende

Tension type assignée typique V a.c.	Courant-type assigné maximal assigné préférentiel A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F nom.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	900	32,6	38,2	85	25,4	6,4	59	10,3	13	83
690	710	60	38,2	114	25,4	6,4	85	10,3	13	83

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.2 – Eléments de remplacement à double corps

Dimensions en millimètres



IEC 694/09

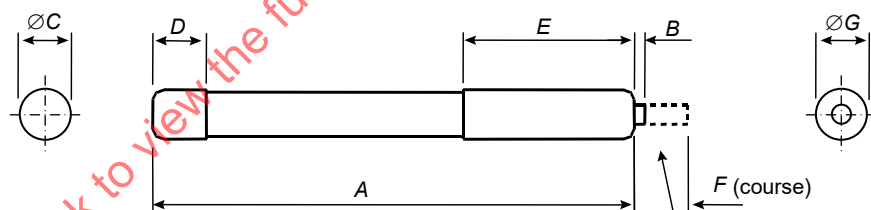
Légende

Tension type assignée typique V a.c.	Courant type assigné maximal assigné préférentiel A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
690	200	50,6	37	95	82	1,6	70	8,7	10,3	19,9

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.3 – Eléments de remplacement jumelés

Dimensions en millimètres



Percuteur qui se déclenche
quand le fusible fonctionne
(peut aussi être utilisé
pour déclencher
un matériel auxiliaire)

IEC 695/09

Légende

Tension type assignée typique V a.c.	A max.	B	C nom.	D max.	E nom.	F nom.	G max.
230	48	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9
690	62	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.4 – Eléments de remplacement à percuteur

CC.3 Système d'éléments de remplacement à platines du type B - DIN

CC.3.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à platines, dont les dimensions satisfont aux exigences données dans les Figures CC.5 et CC.6. Ils ont des courants assignés jusqu'à 1 250 A et des tensions assignées jusqu'à 1 250 V en courant alternatif.

CC.3.2 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement "gR" et "gS" (voir Tableau CC.1)

Tableau CC.1 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Courant assigné A	Temps conventionnel h	Courant conventionnel			
		Type "gR"		Type "gS"	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.3.3 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

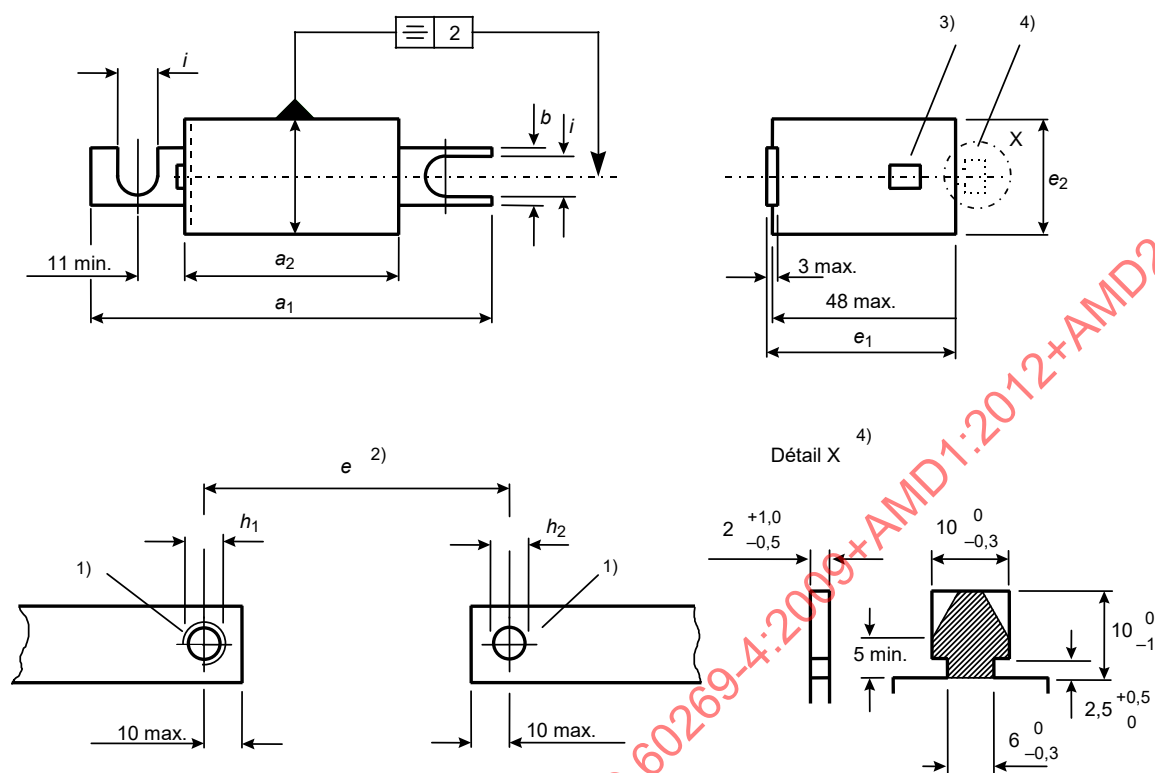
Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données dans les Figures CC.5 et CC.6.

Les éléments de remplacement ayant d'autres dimensions pour leurs fixations, par exemple des encoches, des plots longitudinaux ou latéraux, doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

CC.3.4 Construction de l'élément de remplacement

Si un élément de remplacement est pourvu d'un indicateur ou d'un percuteur, sa position doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Dimensions en millimètres



IEC 696/09

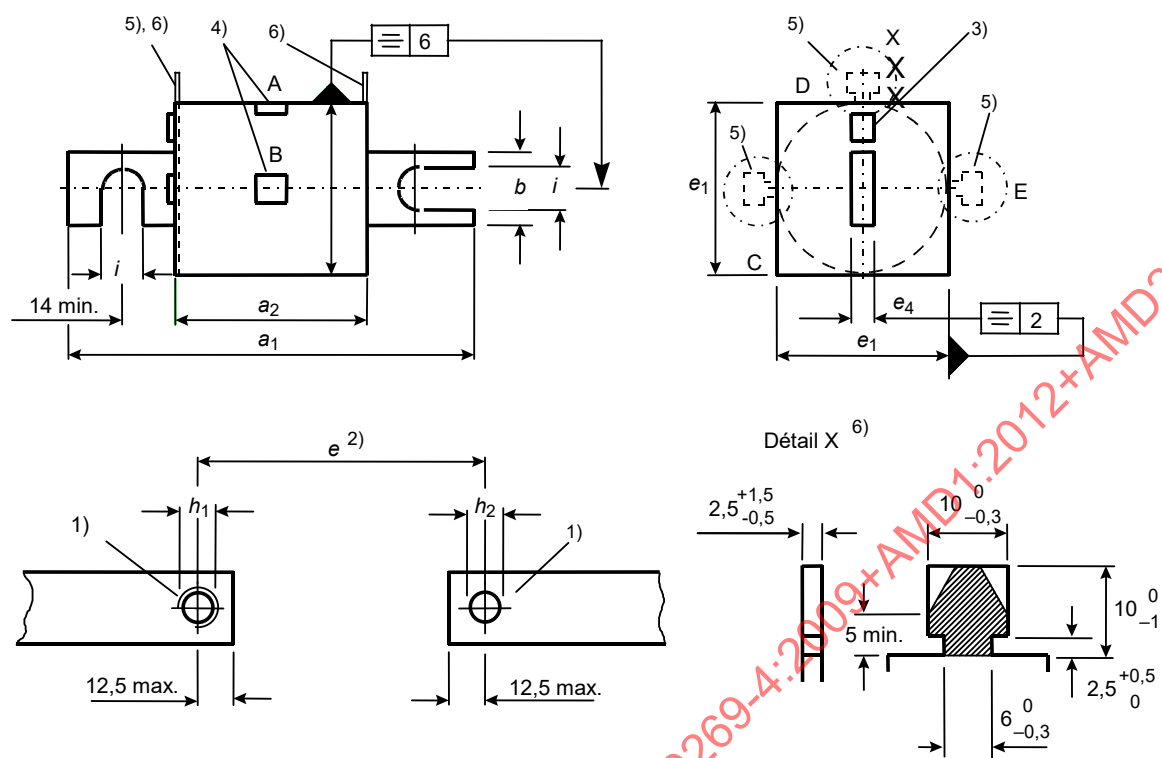
Légende

Taille du fusible	e	a_1	a_2	b	e_1	e_2	h_1	h_2	i
	± 2	max.	max.	min.	max.	max.		$+0,3$ 0	0 $-0,5$
000	80	105	56	20	51	21	M8	9	9
00	80 110	105 140	56 86	20	51	30	M10	11	11

- 1) Filetage ou trou correspondant pour les sorties plates
- 2) Distance entre les bornes
- 3) Indicateur ou percuteur (le cas échéant)
- 4) Patte pour appareil de signalisation (le cas échéant)

Figure CC.5 – Éléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 000 et 00

Dimensions en millimètres



IEC 697/09

Légende

Taille du fusible	e	a ₁	a ₂	b	e ₁	e ₄	h ₁	h ₂	i
	± 2	max.	max.	min.	max.	max.		+0,3 0	0 -0,5
0	80 110	110 150	50 80	19	45	6,5	M10	11	11
1	80 110	110 150	50 80	24	53	6,5	M10	11	11
2	80 110	110 150	50 80	24	61	6,5	M10	11	11
3	80 110 170 210	110 150 210 250	50 80 140 180	29	76	6,5	M12 7)	13	13 8)

- 1) Filetage ou trou correspondant pour les sorties plates
- 2) Distance entre les bornes
- 3) Indicateur ou percuteur (le cas échéant)
- 4) Indicateur ou percuteur, position A ou B (le cas échéant)
- 5) Variantes de position C, D et E pour la patte pour appareil de signalisation (le cas échéant)
- 6) Pattes d'accrochage de dimensions conformes à la Figure 101 de l'IEC 60269-2 (le cas échéant)
- 7) M10 également possible
- 8) 11 également possible pour M10

Figure CC.6 – Éléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 0, 1, 2 et 3

CC.4 Système d'éléments de remplacement à platines du type C – Nord Américain

CC.4.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à platines, dont les dimensions satisfont aux exigences données à la Figure CC.7. Leurs tensions (voir CC.4.3) et courants assignés en courant alternatif sont comme suit:

- 130/150 V en courant alternatif jusqu'à 1 000 A;
- 250/300 V en courant alternatif jusqu'à 800 A;
- 500 V en courant alternatif jusqu'à 1 200 A;
- 700 V en courant alternatif jusqu'à 600 A;
- 1 000 V en courant alternatif jusqu'à 800 A.

Pour les caractéristiques de tension en courant continu, voir CC.4.4.

CC.4.2 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données à la Figure CC.7.

CC.4.3 Tableau 104

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être:

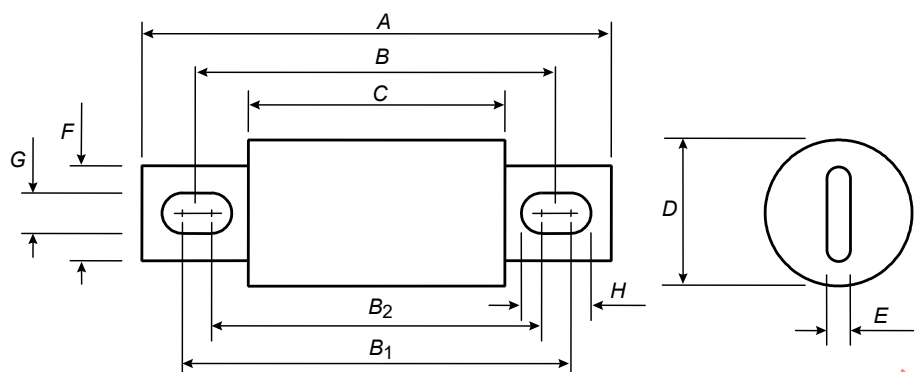
$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.

CC.4.4 Tableau 105

La valeur moyenne de la tension de rétablissement doit être:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.

Dimensions en millimètres



IEC 698/09

Légende

Tension assignée typique V a.c.	Courant assigné préférentiel A	A max.	B	B ₁ nom.	B ₂ max.	C max.	D max.	max. E	max. F	min. G	max. H
150	50 – 450	69,1	52,4	57,5	45	31	29,1	5,2	22,6	8,3	20,9
	500 – 1 000	90,6	62,0	67	47,5	33,4	40,9	6,8	25,8	10,7	30,2
250/300	35 – 60	82,6	61,9	67,5	55,5	42,9	21	3,6	19,5	9,1	21,1
	65 – 200	81,1	60,3	64	54	42,9	31,8	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 800	99,2	70,6	79	55,5	42,1	51,2	6,8	25,4	12,3	25,6
500	35 – 60	92,6	62,7	75	54	54,1	25,4	3,6	19,5	9,1	30,1
	65 – 100	93,5	73,0	79	66,5	55,6	25,8	3,7	19,5	9,3	21,8
	110 – 200	93,8	73,0	76,5	66,5	55,7	31,4	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 400	111,9	83,3	89	68	54,8	38,5	6,8	25,8	11,4	32,4
	450 – 600	115,6	86,5	91,5	69	58	51,2	6,8	38,5	12,3	33,8
	700 – 800	166	110,0	128	85,5	58	63,9	10,1	51,2	15,9	58,4
	900 – 1 200	178,6	127,0	140	110	84,2	77,4	11,5	60,7	17,9	47,9
700	35 – 60	112,6	92,1	100	72	74,6	25,8	5,2	19	10,7	38,7
	65 – 100	113,6	92,1	95,5	72	74,6	31,4	5,2	19	10,7	34,2
	110 – 200	131	102,4	108	72	73,8	38,5	6,8	25,8	12,3	48,3
	225 – 400	131	102,4	111	73	73,8	51,2	6,8	38,5	14,7	52,7
	450 – 600	181,6	129,4	147	81	73,9	63,9	10,1	38,5	16,3	82,3
1 000	35 – 60	128,6	108,0	111	98	90,5	25,8	5,2	19,5	8,3	21,3
	65 – 100	128,6	108,0	111	104	90,5	31,4	5,2	25,8	9,3	16,3
	110 – 200	146,9	118,4	123	104	89,7	39,3	6,8	25,8	11,7	29,7
	225 – 400	148,1	118,4	124	104	90,5	51,2	6,8	38,5	11,4	31,4
	450 – 800	197,7	150,8	154	117	101,6	89,8	10,1	51,2	16,3	53,3

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.7 – Eléments de remplacement à platines du type C

CC.5 Système d'éléments de remplacement à plots du type A

CC.5.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à plots dont les dimensions satisfont aux exigences données à la Figure CC.8. Il ont des courants assignés allant jusqu'à 5 000 A et des tensions assignées jusqu'à 1 250 V en courant alternatif.

CC.5.2 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS» (voir Tableau CC.2)

Tableau CC.2 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

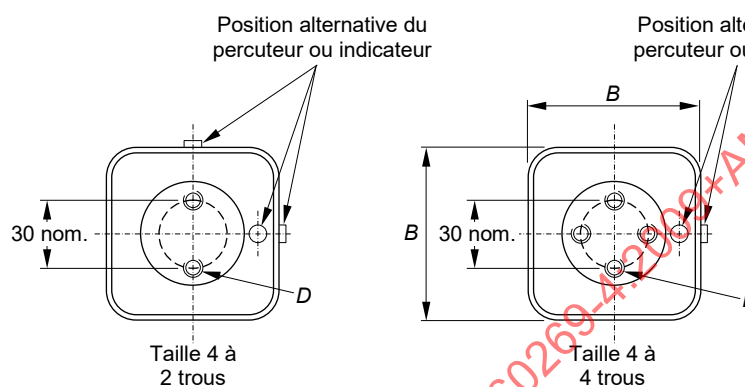
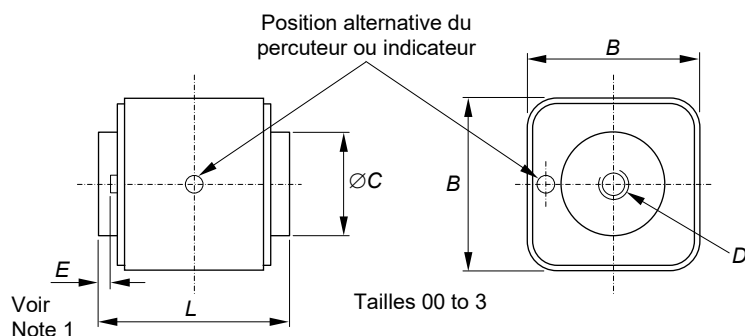
Courant assigné A	Temps conventionnel h	Courant conventionnel			
		Type «gR»		Type «gS»	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.5.3 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données à la Figure CC.8.

CC.5.4 Construction de l'élément de remplacement

L'élément de remplacement peut être pourvu d'un indicateur ou d'un percuteur dont la position normalisée est précisée à la Figure CC.8.



IEC 699/09

Légende

Taille du fusible	Tension assignée maximale préférée typique V a.c.	Courant assigné maximal préféré préférentiel A	L max.	B max.	C min.	D		E
						Filetage	Profondeur minimale	
00	690	400	65	30×48	15	M8	5	0,2
01	690	630	53	45	17	M8	5	0,2
01	1 000	500	77	45	17	M8	5	0,2
01	1 250	400	82	45	17	M8	5	0,2
1	690	1 000	53	53	19	M8	8	0,3
1	1 000	800	77	53	19	M8	8	0,3
1	1 250	630	82	53	19	M8	8	0,3
2	690	1 600	53	61	23	M10	9	0,4
2	1 000	1 250	77	61	23	M10	9	0,4
2	1 250	1000	82	61	23	M10	9	0,4
3	690	2 500	53	76	28	M12	9	0,5
3	1 000	2 000	93	76	28	M12	9	0,5
3	1 250	1 600	99	76	28	M12	9	0,5
4 trous								
4	690	5 000	67	120	50	M10	9	2,0
4	1 000	4 000	89	120	50	M10	9	2,0
4	1 250	3 150	110	120	50	M10	9	2,0
2 trous								
4	690	5 000	94	120	50	M12	10	2,0
4	1 000	4 000	100	120	50	M12	10	2,0
4	1 250	3 150	120	120	50	M12	10	2,0

NOTE 1 Distance minimale entre la face de montage et les autres caractéristiques du fusible.

NOTE 2 Des formes différentes de contacts sont admises à condition que leur surface ne soit pas inférieure à celle qui est représentée.

NOTE 3 Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

Figure CC.8 – Eléments de remplacement à plots du type A

CC.6 Système d'éléments de remplacement à plots du type B – Nord américain

CC.6.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à plots dont les dimensions satisfont aux exigences données à la Figure CC.9. Leurs tensions (voir CC.6.4 3) et courants assignés en courant alternatif sont comme suit:

- 130/150 V ou 150 V en courant alternatif, jusqu'à 6 000 A;
- 250/300 V en courant alternatif jusqu'à 4 500 A;
- 600 V en courant alternatif jusqu'à 2 000 A.

Pour les caractéristiques de tension en courant continu, voir CC.6.4.

CC.6.2 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données à la Figure CC.9.

CC.6.3 Tableau 104

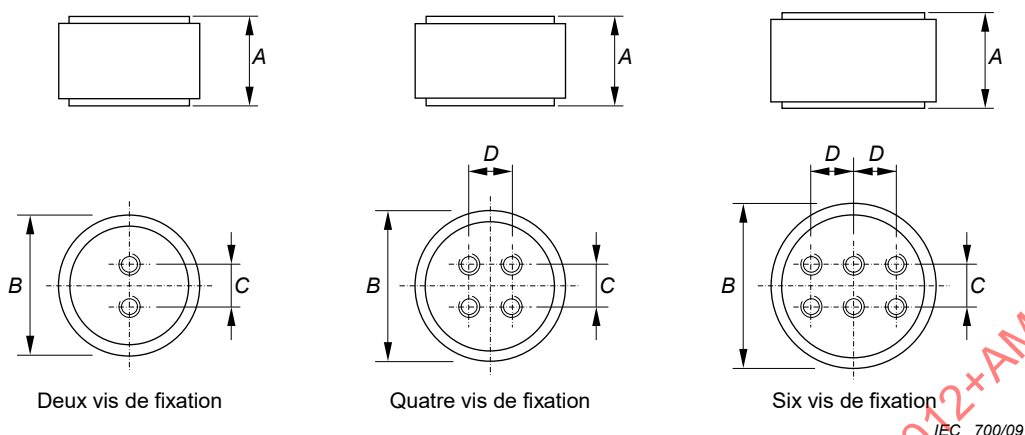
La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.

CC.6.4 Tableau 105

La valeur moyenne de la tension de rétablissement doit être:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.



Légende

Tension assignée typique V a.c.	Courant assigné préférentiel A	A max.	B max.	C max.	D max.	Filetage pouces ^a	Vis de fixation
130/150	1 000 – 2 000	49,2	51,2	25,8		3/8"-24 × 1/2"	2
	2 500 – 3 000	49,2	76,6	38,5		1/2"-20 × 1/2"	2
	3 500 – 4 000	49,2	89,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
	5 000 – 6 000	61,9	146,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	6
250/300	800 – 1 200	67,4	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 500 – 2 500	67,4	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	3 000 – 4 500	67,4	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
600	700 – 800	103,2	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 000 – 1 200	103,2	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	1 500 – 2 000	103,2	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
^a Diamètre – filetage par pouces × profondeur.							
NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.							

Figure CC.9 – Eléments de remplacement à plots du type B

CC.7 Système d'éléments de remplacement à capsules cylindriques du type A – Nord américain

CC.7.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à capsules cylindriques, dont les dimensions satisfont aux exigences données dans la Figure CC.10. Leurs tensions et courants assignés en courant alternatif sont comme suit:

- 150 V en courant alternatif jusqu'à 60 A;
- 600 V en courant alternatif jusqu'à 30 A;
- 1 000 V en courant alternatif jusqu'à 30 A.

Pour les caractéristiques de tension en courant continu, voir CC.7.4.

CC.7.2 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données à la Figure CC.10.

NOTE Les dimensions des éléments de remplacement à capsules cylindriques sont normalisées dans l'IEC 60269-2, Système de fusibles F :

tailles 10 × 38 ;
14 × 51 ;
22 × 58.

CC.7.3 Tableau 104

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être:

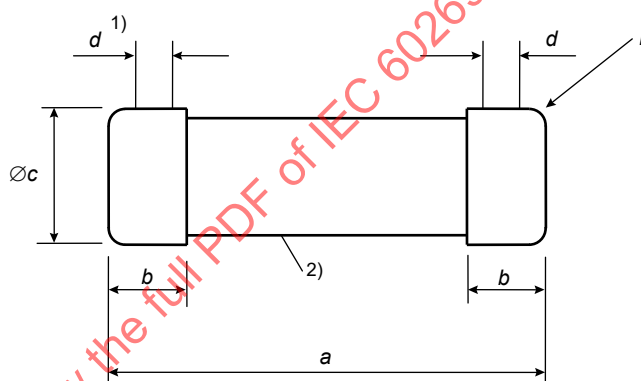
100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.

CC.7.4 Tableau 105

La valeur moyenne de la tension de rétablissement doit être:

100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % de la tension assignée.

Dimensions en millimètres



IEC 701/09

Légende

Tension assignée maximale typique V a.c.	Courant assigné maximal préférentiel A	a	b max.	c	d min.	r
150	35-60	51 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -1 \end{smallmatrix}$	15,9	20,6 ± 0,2	6	2 ± 1
600	1-30	127 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -3 \end{smallmatrix}$	16,2	20,6 ± 0,2	11	2 ± 1
1 000	1-30	66,7 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -2 \end{smallmatrix}$	16,2	14,5 ± 0,2	11	2 ± 1
NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.						

1) Les tolérances spécifiées de la partie cylindrique ne doivent pas être dépassées.

2) Le diamètre de la cartouche entre les capsules d'extrémité ne doit pas dépasser le diamètre c.

Figure CC.10 – Eléments de remplacement à capsules cylindriques du type A

CC.8 Système d'éléments de remplacement à capsules cylindriques du type B – Français

CC.8.1 Domaine d'application

Les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent aux éléments de remplacement à capsules cylindriques, dont les dimensions satisfont aux exigences données aux Figures CC.11 et CC.12. Les tensions assignées et courants assignés préférentiels correspondants sont les suivants (voir Tableau CC.3):

Tableau CC.3 – Tensions assignées **type et courant assignés préférentiels **maximaux****

Tensions assignées préférentielles typique	Courants assignés maximaux maximal préférentiels	Taille
V a.c.	A	
600	63	14 × 51
600	125	22 × 58
690	32	10 × 38
690	50	14 × 51
690	100	22 × 58
690	250	27 × 60
800	100	27 × 60
1 500	63	20 × 127
1 500	63	22 × 127
1 500	100	36 × 127
2 500	25	20 × 127
3 000	63	20 × 190
3 000	100	36 × 190

NOTE Pour les tensions assignées V d.c. et VSI consulter le fabricant.

CC.8.2 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS» (voir Tableau CC.4)

Tableau CC.4 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Courant assigné A	Temps conventionnel h	Courant conventionnel			
		Type «gR»		Type «gS»	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.8.3 Réalisation mécanique (voir 7.1 de l'IEC 60269-1)

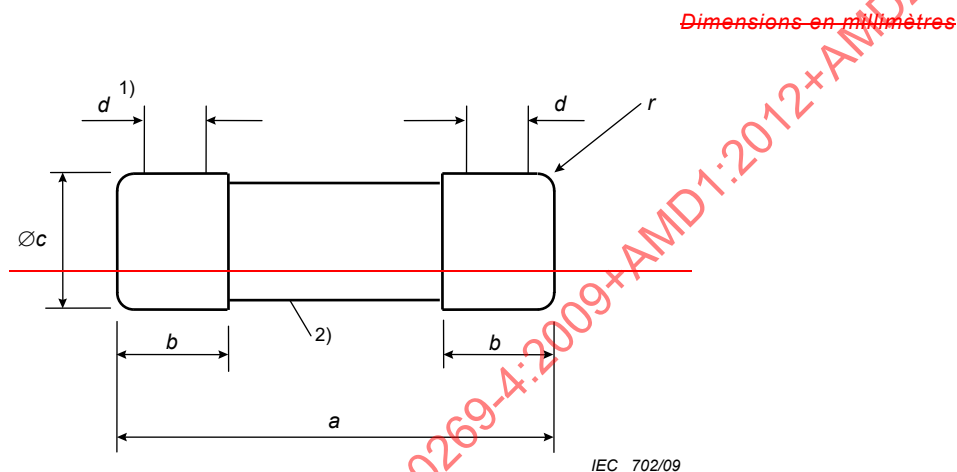
Les dimensions normalisées des éléments de remplacement sont données aux Figures CC.11 et CC.12.

NOTE Les dimensions des éléments de remplacement à capsules cylindriques sont également normalisées dans

– l'IEC 60269-2, Système de fusibles F:

tailles 10 × 38 ;
14 × 51 ;
22 × 58 ;

– l'IEC 60269-2, Système de fusibles H.



Légende

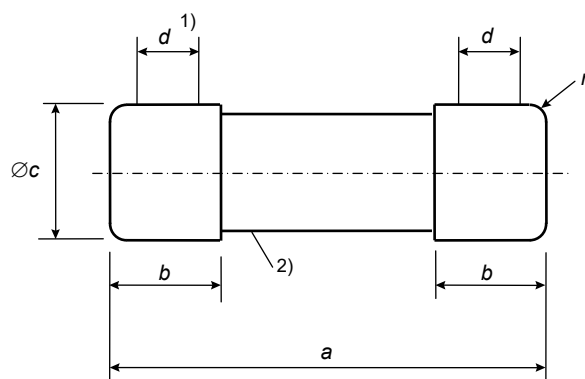
Taille	a	b max	c	d min	r
10 × 38	38 ± 0,6	10,5	10,3 ± 0,1	6	1,5 ± 0,5
14 × 51	51 ^{+0,6} ₋₁	13,8	14,3 ± 0,1	7,5	2 ± 1
22 × 58	58 ^{+0,1} ₋₂	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
27 × 60	60,3 ± 0,8	16,3	27 ± 0,2	11	1,7 ± 1
20 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
22 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
36 × 127	127 ± 2 ³⁾	27	36,3 ± 1	24,7	
* 36 × 190	188 ± 2	27	36,3 ± 1	24,7	

1) — Les tolérances spécifiées de la partie cylindrique ne doivent pas être dépassées.

2) — Le diamètre de la cartouche entre les capsules d'extrémité ne doit pas dépasser le diamètre c.

3) — Pour les versions à percuteur, la tolérance est ± 1.

Le dessin n'est pas destiné à imposer des modèles d'éléments de remplacement sauf en ce qui concerne les notes et dimensions.



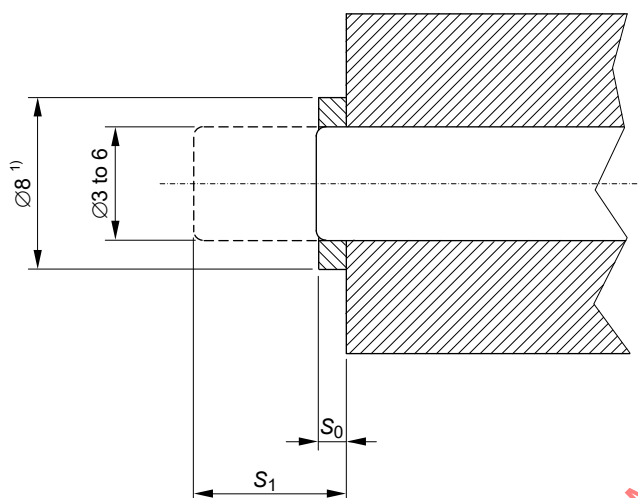
IEC 332/12

Le dessin n'est pas destiné à imposer des modèles d'éléments de remplacement sauf en ce qui concerne les notes et dimensions.

Taille	a	b max.	c	d min.	r
10 × 38	38 ^{+0,9 -0,6}	10,5	10,3 ± 0,1	6	1,5 ± 0,5
14 × 51	51 ^{+0,6 -1}	13,8	14,3 ± 0,1	7,5	2 ± 1
22 × 58	58 ^{+0,1 -2}	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
27 × 60	60,3 ± 0,8	16,3	27 ± 0,2	14	1,7 ± 1
20 × 127	127 ± 1	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
20 × 190	188 ± 2 ³⁾	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
22 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
36 × 127	127 ± 1	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1
36 × 190	188 ± 2 ³⁾	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1

- 1) Les tolérances spécifiées de la partie cylindrique ne doivent pas être dépassées.
- 2) Le diamètre de la cartouche entre les capsules d'extrémité ne doit pas dépasser le diamètre c.
- 3) Pour les versions à percuteur, la tolérance est ± 1.

Figure CC.11 – Élément de remplacement à capsules cylindriques du type B



Légende

S_0 1 mm au maximum

S_1 7 mm à 10 mm

1) Diamètre du cylindre dans lequel le percuteur doit se situer

NOTE La longueur totale a (voir Figure CC.11) n'inclut pas S_0 .

Le dessin n'est pas destiné à imposer des modèles d'éléments de remplacement sauf en ce qui concerne les notes et dimensions.

Figure CC.12 – Élément de remplacement à capsules cylindriques avec percuteur, type B (dimensions supplémentaires pour toutes les tailles sauf les 10 × 38)

Bibliographie

IEC 60050-521, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 521: Dispositifs à semiconducteurs et circuits intégrés*

IEC 60050-551, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551: Electronique de puissance*

IEC/TR 60269-5, *Fusibles basse tension – Lignes directrices pour l'application des fusibles basse tension*

IEC 60269-6, *Fusibles basse tension – Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

FINAL VERSION

VERSION FINALE

Low-voltage fuses –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

Fusibles basse tension –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 General.....	6
1.1 Scope and object.....	6
1.2 Normative references	7
2 Terms and definitions	7
3 Conditions for operation in service	8
4 Classification.....	9
5 Characteristics of fuses	9
6 Markings	14
7 Standard conditions for construction	14
8 Tests.....	15
Annex AA (informative) Guidance for the coordination of fuse-links with semiconductor devices.....	28
Annex BB (normative) Survey on information to be supplied by the manufacturer in his literature (catalogue) for a fuse designed for the protection of semiconductor devices	34
Annex CC (normative) Examples of standardized fuse-links for the protection of semiconductor devices.....	35
Bibliography	52
Figure 101 – Conventional overload curve (example) (X and Y are points of verified overload capability).....	24
Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links	25
Figure 103 – Example of a conventional test arrangement for blade contact fuse-links	27
Figure CC.1 – Single body fuse-links.....	36
Figure CC.2 – Double body fuse-links	37
Figure CC.3 – Twin body fuse-links	38
Figure CC.4 – Striker fuse-links	38
Table CC.1 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	39
Figure CC.5 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 000 and 00	40
Figure CC.6 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 0, 1, 2 and 3	41
Figure CC.7 – Bolted fuse-links, type C	43
Figure CC.8 – Flush end fuse-links, type A.....	45
Figure CC.9 – Flush end fuse-links, type B.....	47
Figure CC.10 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type A	48
Figure CC.11 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type B	50
Figure CC.12 – Fuse-links with cylindrical contact caps with striker, type B (additional dimensions for all sizes except 10 × 38)	51
Table 101 – Conventional times and currents for "gR" and "gS" fuse-links	11
Table 102 – List of complete tests	16
Table 103 – Survey of tests on fuse-links of the smallest rated current of a homogeneous series.....	16
Table 104 – Values for breaking-capacity tests on a.c. fuses	21

Table 105 – Values for breaking-capacity tests on d.c. fuses	22
Table 106 – Values for breaking-capacity tests on VSI fuse-links	23
Table 107 – Cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests	17
Table CC.2 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	44
Table CC.3 – Typical rated voltages and preferred maximum rated currents.....	49
Table CC.4 – Conventional time and current for "gR" and "gS" fuse-links	49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE FUSES –

**Part 4: Supplementary requirements for fuse-links
for the protection of semiconductor 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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60269-4 bears the edition number 5.2. It consists of the fifth edition (2009-05) [documents 32B/535/FDIS and 32B/541/RVD], its amendment 1 (2012-05) [documents 32B/579/CDV and 32B/586A/RVC] and its amendment 2 (2016-08) [documents 32B/651/FDIS and 32B/663/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60269-4 has been prepared by subcommittee 32B: Low-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This fifth edition constitutes a technical revision. The significant technical changes to the fourth edition are:

- the introduction of voltage source inverter fuse-links, including test requirements;
- coverage of the tests on operating characteristics for a.c. by the breaking capacity tests;
- the updating of examples of standardised fuse-links for the protection of semiconductor devices.

This part is to be used in conjunction with IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*.

This Part 4 supplements or modifies the corresponding clauses or subclauses of Part 1.

Where no change is necessary, this Part 4 indicates that the relevant clause or subclause applies.

Tables and figures which are additional to those in Part 1 are numbered starting from 101.

Additional annexes are lettered AA, BB, etc.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 60269 series, under the general title: *Low-voltage fuses*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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.

LOW-VOLTAGE FUSES –

Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

1 General

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

Fuse-links for the protection of semiconductor devices shall comply with all requirements of IEC 60269-1, if not otherwise indicated hereinafter, and shall also comply with the supplementary requirements laid down below.

1.1 Scope and object

These supplementary requirements apply to fuse-links for application in equipment containing semiconductor devices for circuits of nominal voltages up to 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and also, in so far as they are applicable, for circuits of higher nominal voltages.

NOTE 1 Such fuse-links are commonly referred to as “semiconductor fuse-links”.

NOTE 2 In most cases, a part of the associated equipment serves the purpose of a fuse-base. Owing to the great variety of equipment, no general rules can be given; the suitability of the associated equipment to serve as a fuse-base should be subject to agreement between the manufacturer and the user. However, if separate fuse-bases or fuse-holders are used, they should comply with the appropriate requirements of IEC 60269-1.

NOTE 3 IEC 60269-6 (Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems) is dedicated to the protection of solar photovoltaic energy systems.

NOTE 4 These fuse-links are intended for use on systems employing the standardized voltages and tolerances of IEC 60038. Tests carried out on fuse-links in accordance with previous editions of this standard shall remain valid until such time as complementary equipment has evolved to the standardized voltages and tolerances of IEC 60038.

The object of these supplementary requirements is to establish the characteristics of semiconductor fuse-links in such a way that they can be replaced by other fuse-links having the same characteristics, provided that their dimensions are identical. For this purpose, this standard refers in particular to

- a) the following characteristics of fuses:
 - 1) their rated values;
 - 2) their temperature rises in normal service;
 - 3) their power dissipation;
 - 4) their time-current characteristics;
 - 5) their breaking capacity;
 - 6) their cut-off current characteristics and their I^2t characteristics;
 - 7) their arc voltage characteristics;
- b) type tests for verification of the characteristics of fuses;
- c) the markings on fuses;
- d) availability and presentation of technical data (see Annex BB).

1.2 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 60269-1, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60269-2, *Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to K*

IEC 60269-3, *Low-voltage fuses – Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) – Examples of standardized systems of fuses A to F*

IEC TR 60269-5, *Low-voltage fuses – Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses*

IEC 60269-6, *Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60664-1:2000, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

ISO 3, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

2 Terms and definitions

IEC 60269-1 applies with the following supplementary definitions.

2.2 General terms

2.2.101

semiconductor device

device whose essential characteristics are due to the flow of charge carriers within a semiconductor

[IEV 521-04-01]

2.2.102

semiconductor fuse-link

current-limiting fuse-link capable of breaking, under specific conditions, any current value within the breaking range (see 7.4)

2.2.103

signalling device

device forming part of the fuse and signalling the fuse operation to a remote place

NOTE A signalling device consists of a striker and an auxiliary switch. Electronic devices may also be used.

2.2.104

voltage source inverter

VSI

a voltage stiff inverter

[IEV 551-12-11]

NOTE Also referred to as a voltage stiff inverter i.e. an inverter that supplies current without any practical change in its output voltage.

2.2.105

voltage source inverter fuse-link

VSI fuse-link

current-limiting fuse-link capable of breaking, under specified conditions, the short circuit current supplied by the discharge of a d.c.-link capacitor in a voltage source inverter

NOTE 1 The abbreviation "VSI fuse-link" is used in this document.

NOTE 2 A VSI fuse-link usually operates under a short circuit current supplied by the discharge of a d.c.-link capacitor through a very low inductance, in order to allow high frequency in normal operation. This short circuit condition leads to a very high rate of rise of current equivalent to a very low value of time constant, typically 3 ms or less. The supply voltage is d.c., even though the applied voltage decreases as the current increases during the short circuit.

NOTE 3 In some multiple a.c. drive applications, individual output inverters may be remote from the main input rectifier. In these cases, the associated fault circuit impedances may influence the operation of the fuse-links - the associated time constant and the size of the capacitors need to be considered when choosing the appropriate short circuit protection.

3 Conditions for operation in service

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

3.4 Voltage

3.4.1 Rated voltage

For a.c., the rated voltage of a fuse-link is related to the applied voltage; it is based on the r.m.s. value of a sinusoidal a.c. voltage. It is further assumed that the applied voltage retains the same value throughout the operation of the fuse-link. All tests to verify the ratings are based on this assumption.

NOTE In many applications, the applied voltage will be sufficiently close to the sinusoidal form for the significant part of the operating time, but there are many cases where this condition is not satisfied.

The performance of a fuse-link subjected to a non-sinusoidal applied voltage can be evaluated by comparing, for the first approximation, the arithmetic mean values of the non-sinusoidal and sinusoidal applied voltages.

For d.c. and VSI fuse-links, the rated voltage of a fuse-link is related to the applied voltage. It is based on the mean value. When d.c. is obtained by rectifying a.c., the ripple is assumed not to cause a variation of more than 5 % above or 9 % below the mean value.

3.4.2 Applied voltage in service

Under service conditions, the applied voltage is that voltage which, in the fault circuit, causes the current to increase to such proportions that the fuse-link will operate.

For a.c., consequently, the value of the applied voltage in a single-phase a.c. circuit is usually identical to the power-frequency recovery voltage. For all cases other than the sinusoidal a.c. voltage, it is necessary to know the applied voltage as a function of time.

For a unidirectional voltage and for VSI fuse-links, the important values are:

- the average value over the entire period of the operation of the fuse-link;
- the instantaneous value near the end of the arcing period.

3.5 Current

The rated current of a semiconductor fuse-link is based on the r.m.s. value of a sinusoidal a.c. current at rated frequency.

For d.c., the r.m.s. value of current is assumed not to exceed the r.m.s. value based on a sinusoidal a.c. current at rated frequency.

NOTE The thermal response time of the fuse-element may be so short that it cannot be assumed that operation under conditions which deviate much from sinusoidal current can be estimated on the basis of the r.m.s. current alone. This is so, in particular at lower frequency values and when the current presents salient peaks separated by appreciable intervals of insignificant current; for example, in the case of frequency converters and traction applications.

3.6 Frequency, power factor and time constant

3.6.1 Frequency

The rated frequency refers to the frequency of the sinusoidal current and voltage that form the basis of the type tests.

NOTE In particular, where service frequency deviates significantly from rated frequency the manufacturer should be consulted.

3.6.3 Time constant (τ)

For d.c., the time constants expected in practice are considered to correspond to those in Table 105.

NOTE 1 Some service conditions may be found which exceed the specified performance shown in the table as regards time constant. In such a case, a design of fuse-link which has been tested and marked accordingly should be used or the suitability of such a fuse-link be subject to agreement between manufacturer and user. In some service conditions, the time constant is significantly lower than the values stated in the table. In such a case, the applied voltage can be higher than the rated voltage defined according to Table 105.

For VSI fuse-links, equivalent time constants expected in practice are considered to correspond to those in Table 106.

NOTE 2 The high rate of rise of short circuit current is due to the low inductance, which is considered to be equivalent to a low time constant.

NOTE 3 Instead of time constant di/dt can be used in case of short circuit condition

$$di/dt = E/L.$$

E = voltage value of the DC power source,

L = total inductance of the capacitor discharge circuit.

3.10 Temperature inside an enclosure

Since the rated values of the fuse-links are based on specified conditions that do not always correspond to those prevailing at the point of installation, including the local air conditions, the user may have to consult the manufacturer concerning the possible need for re-rating.

4 Classification

IEC 60269-1 applies.

5 Characteristics of fuses

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

5.1 Summary of characteristics

5.1.2 Fuse-links

- a) Rated voltage (see 5.2)
- b) Rated current (see 5.3 of IEC 60269-1)
- c) Kind of current and frequency (see 5.4 of IEC 60269-1)
- d) Rated power dissipation (see 5.5 of IEC 60269-1)
- e) Time-current characteristics (see 5.6)
- f) Breaking range (see 5.7.1 of IEC 60269-1)
- g) Rated breaking capacity (see 5.7.2 of IEC 60269-1)
- h) Cut-off current characteristics (see 5.8.1)
- i) I^2t characteristics (see 5.8.2)
- j) Dimensions or size (if applicable)
- k) Arc voltage characteristics (see 5.9)

5.2 Rated voltage

For rated a.c. voltages up to 690 V and d.c. voltages up to 750 V, IEC 60269-1 applies; for higher voltages, the values shall be selected from the R 5 series or, where not possible, from the R 10 series of ISO 3.

A fuse-link shall have an a.c. voltage rating or a d.c. voltage rating or a VSI voltage rating. It may have one or more of these voltage ratings.

5.4 Rated frequency

The rated frequency is that frequency to which the performance data are related.

5.5 Rated power dissipation of the fuse-link

In addition to the requirements of IEC 60269-1, the manufacturer shall indicate the power dissipation as a function of current for the range 50 % to 100 % of the rated current or for 50 %, 63 %, 80 % and 100 % of the rated current.

NOTE In cases where the resistance of the fuse-link is of interest, this resistance should be determined from the functional relation between the power dissipation and the associated value of current.

5.6 Limits of time-current characteristics

5.6.1 Time-current characteristics, time-current zones

5.6.1.1 General requirements

The time-current characteristics depend on the design of the fuse-link, and, for a given fuse-link, on the ambient air temperature and the cooling conditions.

The manufacturer shall provide time-current characteristics based on an ambient temperature of 20 °C to 25 °C in accordance with the conditions specified in 8.3. The time-current characteristics of interest are the pre-arcing characteristic and operating characteristics.

For a.c., the time-current characteristics are stated at rated frequency and for pre-arcing or operating times longer than 0,1 s.

For d.c., they are stated for time constants according to Table 105 and for pre-arcing or operating times longer than 15 τ .

For the higher values of prospective current (shorter times), the same information shall be presented in the form of I^2t characteristics (see 5.8.2).

5.6.1.2 Pre-arcing time-current characteristics

For a.c., the pre-arcing time-current characteristic shall be based on a symmetrical a.c. current of a stated value of frequency (rated frequency).

For d.c., the pre-arcing time-current characteristic is of particular significance for times exceeding 15τ for the relevant circuit, and is identical to the a.c. pre-arcing time-current characteristic in this zone.

NOTE 1 Because of the wide range of circuit time constants likely to be experienced in service, the information for times shorter than 15τ is conveniently expressed as a pre-arcing I^2t characteristic.

NOTE 2 The value of 15τ has been chosen to avoid the effects which different rates of rise of current have on the pre-arcing time-current characteristic at shorter times.

5.6.1.3 Operating time-current characteristics

For a.c. with times longer than 0,1 s and for d.c. with times longer than 15τ , the arcing period is negligible compared to the pre-arcing time. The operating time is then equivalent to the pre-arcing time.

5.6.2 Conventional times and currents

5.6.2.1 Conventional times and currents for “aR” fuse-links

See 7.4.

5.6.2.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links

The conventional times and currents are given in Table 101.

Table 101 – Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 63$ ^a	1	1,1 I_n	1,6 I_n	1,25 I_n	1,6 I_n
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				
^a In Annex CC, some examples specify the requirements for $I_n \leq 16$.					
NOTE For explanation of gR and gS see 5.7.1.					

5.6.3 Gates

Not applicable.

5.6.4 Overload curves

5.6.4.1 Verified overload capability

The manufacturer shall indicate sets of coordinate points along the time-current characteristics (see 5.6.1) for which the overload capability has been verified in accordance with the procedure indicated in 8.4.3.4.

The number and the location of the sets of coordinate points for which the overload capability shall be verified shall be selected at the discretion of the manufacturer. The time coordinates for the verification of the overload capability shall be selected within the range of 0,01 s to 60 s. Further sets of the coordinate points may be added according to agreement between manufacturer and user.

5.6.4.2 Conventional overload curve

The conventional overload curve is formed of straight-line sections emanating from the co-ordinate points of verified overload capability. From each set of coordinate points, two lines are drawn:

- one from the verified point and following points of constant values of current towards shorter times;
- the other from the verified point and following points of constant values of I^2t towards longer times.

These line sections, ending at the line representing rated current, form the conventional overload curve (see Figure 101).

NOTE For practical applications, a few points of verified overload capability are sufficient. As the number of points of verified overload capability increases, the conventional overload curve becomes more precise.

5.7 Breaking range and breaking capacity

5.7.1 Breaking range and utilization category

The first letter shall indicate the breaking range:

- “a” fuse-links (partial-range breaking capacity, see 7.4);
- “g” fuse-links (full-range breaking capacity).

The second letter “R” and “S” shall indicate the utilization category for fuse-links complying with this standard for the protection of semiconductor devices.

The type “R” is faster acting than type “S” and gives lower I^2t values.

The type “S” has lower power dissipation and gives enhanced utilization of cables compared to type “R”.

For example:

- aR indicates fuse-links with partial range breaking capacity for the protection of semiconductor devices;
- gR indicates fuse-links with full-range breaking capacity for general application and semiconductor protection, optimised to low I^2t values;
- gS indicates fuse-links with full range breaking capacity for general application and semiconductor protection, optimised to low power dissipation.

Some aR fuse-links are used to protect voltage source inverters. Even though they are common aR fuses on a.c., they must be tested differently under VSI d.c. short-circuit conditions. For these reasons, their designation is still “aR” but their d.c. characteristics must be clearly stated “for VSI protection” in the manufacturer’s data sheets.

5.7.2 Rated breaking capacity

A breaking capacity of at least 50 kA for a.c. and 8 kA for d.c. is recommended.

For a.c., the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing only linear impedance and with a constant sinusoidal applied voltage of rated frequency.

For d.c., the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing only linear inductance and resistance with mean applied voltage.

For VSI the rated breaking capacity is based on type tests performed in a circuit containing very low inductance and resistance with d.c. or capacitor discharged applied voltage.

NOTE The addition in practical applications of non-linear impedances and unidirectional voltage components may significantly influence the breaking severity either in a favourable or unfavourable direction.

5.8 Cut-off current and I^2t characteristics

5.8.1 Cut-off current characteristics

The manufacturer shall provide the cut-off current characteristics which shall be given, according to the example shown in Figure 4 of IEC 60269-1, in a double logarithmic presentation with the prospective current as abscissa and, if necessary, with applied voltage and/or frequency as a parameter.

For a.c., the cut-off current characteristics shall represent the highest values of current likely to be experienced in service. They shall refer to the conditions corresponding to the test conditions of this standard, for example, given voltage, frequency and power-factor values. The cut-off current characteristics may be defined by the tests specified in 8.6.

For d.c., the cut-off current characteristics shall represent the highest values of current likely to be experienced in service in circuits having a time constant specified in Table 105 for aR, gS and gR fuse-links, or in Table 106 for aR fuse-links in VSI applications. For aR, gS and gR fuse-links, these values will be exceeded in circuits of smaller time constants than those of Table 105. The manufacturer shall provide the relevant information to enable the determination of these higher cut-off current characteristics.

NOTE The cut-off current characteristic varies with the circuit time constant. The manufacturer should provide the relevant information to enable these variations to be determined at least for time constants of 5 ms and 10 ms.

5.8.2 I^2t characteristics

5.8.2.1 Pre-arcing I^2t characteristic

For a.c., the pre-arcing I^2t characteristic shall be based on a symmetrical a.c. current at a stated frequency value (rated frequency).

For d.c., the pre-arcing I^2t characteristic shall be based on r.m.s. d.c. current at a time constant specified in the Table 105 for aR, gS and gR fuse-links or in Table 106 for aR fuse-links in VSI applications.

NOTE For aR and gR and gS fuse-links, the pre-arcing I^2t characteristic varies with the circuit time constant. The manufacturer should provide the relevant information to enable these variations to be determined at least for time constants of 5 ms and 10 ms.

5.8.2.2 Operating I^2t characteristics

For a.c., the operating I^2t characteristics shall be given with applied voltage as a parameter and for a stated power-factor value. In principle, they shall be based on the moment of current initiation that leads to the highest operating I^2t value (see 8.7). The voltage parameters shall include at least 100 %, 50 % and 25 % of rated voltage.

For d.c., the operating I^2t characteristics shall be given with the applied voltage as a parameter and for a time constant specified in the Table 105 for aR, gS and gR fuse-links, or Table 106 for aR fuse-links in VSI applications. The voltage parameters shall include at least 100 % and 50 % of rated voltage. It is permitted to determine the operating I^2t characteristics

at lower voltages from tests in accordance with Table 105 or Table 106 according to their d.c. application or VSI application.

5.9 Arc voltage characteristics

Arc voltage characteristics provided by the manufacturer shall give the highest (peak) value of arc voltage as a function of the applied voltage of the circuit in which the fuse-link is inserted and, in the case of a.c., for power factors as stated in Table 104 and, in the case of d.c. at time constants specified in Table 105 or in Table 106 according to their d.c. application or VSI application.

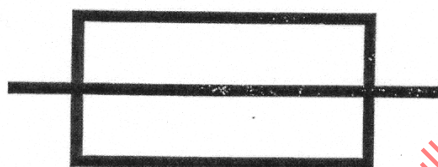
6 Markings

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

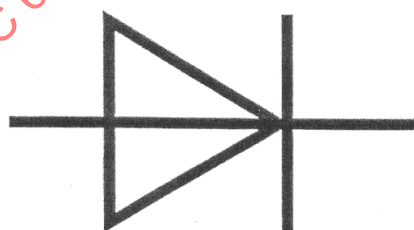
6.2 Markings on fuse-links

Subclause 6.2 of IEC 60269-1 applies with the following addition:

- manufacturer's identification reference and/or symbols enabling all the characteristics listed in 5.1.2 of IEC 60269-1 to be found;
- utilization category, “aR” or “gR” or “gS”;
- a combination of symbols of IEC 60417 of a fuse (5016) and a rectifier (5186) as shown below:



Symbol IEC 60417-5016 (2002-10)



Symbol IEC 60417-5186 (2002-10)

7 Standard conditions for construction

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

7.3 Temperature rise and power dissipation of the fuse-link

Fuse-links shall be so designed and proportioned as to carry, when tested in accordance with 8.3, the rated current without exceeding

- the temperature rise limit of the hottest upper metal part of the fuse-link indicated by the manufacturer (see Figures 102 and 103);
- the power dissipation at the rated current indicated by the manufacturer.

7.4 Operation

The fuse-link shall be so designed and proportioned as to carry continuously any value of current up to its rated current.

“aR” fuse-links shall operate and break the circuit for any current value not exceeding the rated breaking capacity and not less than a current sufficient to interrupt the fuse-link specified by the manufacturer.

For “gR” and “gS” fuse-links within the conventional time:

- it does not operate, when it carries any current not exceeding the conventional non-fusing current (I_{nf});
- it operates when it carries any current equal to, or exceeding, the conventional fusing current (I_f) and equal to or lower than the rated breaking capacity.

7.5 Breaking capacity

A fuse-link shall be capable of breaking, at a voltage not exceeding the voltage specified in 8.5, any circuit having a prospective current between a current according to 7.4 and the rated breaking capacity:

- for a.c. at power factors not lower than those in Table 104 appropriate to the value of the prospective current;
- for d.c., at time constants not greater than the values specified in Table 105;
- for VSI applications, the fuse-link shall be capable of breaking a current specified in 8.5 at time constants not greater than the value specified in Table 106.

7.7 I^2t characteristics

The values of operating I^2t determined as described in 8.7 shall not exceed those stated by the manufacturer. The values of pre-arcing I^2t determined as described in 8.7 shall be not less than the values stated (see 5.8.2.1 and 5.8.2.2).

7.15 Arc voltage characteristics

The arc voltage values measured as described in 8.7.5 shall not exceed those stated by the manufacturer (see 5.9).

7.16 Special operating conditions

Special operating conditions, such as high value of acceleration, shall be subject to agreement between manufacturer and user.

8 Tests

IEC 60269-1 applies with the following supplementary requirements.

8.1 General

8.1.4 Arrangement of the fuse-link

The fuse-link shall be mounted open in surroundings free from draughts and, unless otherwise specified, in a vertical position (see 8.3.1). Examples of test arrangements are given in Figures 102 and 103. Test arrangements for other kinds of fuse-links are given in IEC 60269-2 and IEC 60269-3.

8.1.5 Testing of fuse-links

8.1.5.1 Complete tests

The complete tests on fuse-links are listed in Table 102. The internal resistance of all fuse-links shall be determined and recorded in the test report(s).

A fuse-link shall have an a.c. breaking capacity or a d.c. breaking capacity or a VSI breaking capacity. It may have one or more of these breaking capacities.

Table 102 – List of complete tests

Test according to subclause		Number of fuse-links to be tested
8.3	Temperature rise and power dissipation	1
8.4.3.1 a)	Conventional non-fusing current	1
8.4.3.1 b)	Conventional fusing current	1
8.4.3.2	Verification of rated current	1
8.4.3.5	Conventional cable overload test (for “gR” and “gS” fuse-links only)	1
For a.c.:		
8.5	No 5 “gR” and “gS” breaking capacity and operating characteristics	1
	No. 2a “aR” breaking capacity and operating characteristics	1
	No. 2 Breaking capacity and operating characteristics ^a	3
	No. 1 Breaking capacity and operating characteristics ^a	3
8.4.3.4	Verification of overload capability ^b	1
For d.c.:		
8.5	No. 13 “gR” and “gS” breaking capacity and operating characteristics	1
	No.12a “aR” breaking capacity and operating characteristics	1
	No.12 Breaking capacity and operating characteristics	3
	No.11 Breaking capacity and operating characteristics	3
For VSI fuse-links:		
8.5	No. 21 Breaking capacity and operating characteristics	3
^a Valid for pre-arcing I^2t characteristics, if ambient air temperature is between 10 °C and 30 °C.		
^b The number of points at which the overload capability is verified should be at the manufacturer’s discretion.		

8.1.5.2 Testing of fuse-links of a homogeneous series

Fuse-links having intermediate values of rated current of a homogeneous series are exempted from type tests if the fuse-link of the largest rated current has been tested to the requirements of 8.1.5.1 and if the fuse-link of the smallest rated current has been submitted to the tests indicated in Table 103.

Table 103 – Survey of tests on fuse-links of the smallest rated current of a homogeneous series

Test according to subclause		Number of fuse-links to be tested
8.3	Temperature rise and power dissipation	1

8.3 Verification of temperature rise limits and power dissipation

8.3.1 Arrangement of the fuse-link

Only one fuse-link shall be used for the test. The fuse-link shall be mounted vertically in the conventional test arrangement. Examples are given in Figures 102 and 103.

The current density of the copper conductors forming part of the conventional test arrangement shall be not less than 1 A/mm² and not more than 1,6 A/mm², these values being based on the rated current of the fuse-link. The ratio of width to thickness of these conductors shall not exceed

- 10 for current ratings less than 200 A;
- 5 for current ratings 200 A and above.

The ambient air temperature during this test shall be between 10 °C and 30 °C.

When conducting the temperature-rise tests, the cross-sectional areas of the conductors connecting the conventional test arrangement to the supply are important. The cross-sectional area shall be selected in accordance with Table 17 of IEC 60269-1, excluding the note, and the conductors on either side of the fuse-link shall be at least 1 m long.

For fuse-links intended to be used in separate fuse-bases, the test may be performed in these fuse-bases with conductors according to Table 17 of IEC 60269-1; in other cases, the test shall be performed in the manner described in these requirements.

For special fuse-links or special applications that cannot be accommodated in the conventional test arrangement, or for which this test arrangement is not applicable, special tests shall be performed according to the manufacturer's instructions and all pertinent data shall be recorded in the test report.

8.3.3 Measurement of power dissipation of the fuse-link

In addition to 8.3.3 of IEC 60269-1, the following applies: the power dissipation test shall be made successively at least at 50 % and at 100 % of rated current. This test may be performed with either ac or dc.

8.3.4 Test method

The cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests corresponding to Subclauses 8.3 and 8.4 is defined in Table 107.

Table 107 – Cross-sectional area of copper conductors for high current ratings tests

Rated current (<i>I_N</i>)	Cross-sectional area
A	(mm × mm)
1 600	2 × 100 × 5
2 000	3 × 100 × 5
2 500	4 × 100 × 5
3 150	3 × 100 × 10
≥ 4 000	$I_N \times \text{mm}^2 / A^a$
^a For currents ≥ 4 000 A the cross sectional area is defined with a current density = 1 A/mm ² .	

8.3.5 Acceptability of test results

The temperature rise and the power dissipation of the fuse-link shall not exceed the values specified by the manufacturer.

8.4 Verification of operation

8.4.1 Arrangement of fuse-link

The arrangement of the fuse-link for the verification of operation shall be as described in 8.1.4 and 8.3.1.

8.4.3 Test method and acceptability of test results

8.4.3.1 Verification of conventional non-fusing and fusing current

“aR” fuse-links:

Not applicable.

“gR” and “gS” fuse-links:

It is permissible to make the following tests at a reduced voltage:

- the fuse-link is subjected to its conventional non-fusing current (I_m) for a time equal to the conventional time specified in Table 101. It shall not operate during this time;
- the fuse-link, after having cooled down to ambient temperature, is subjected to the conventional fusing current (I_f). It shall operate within the conventional time as specified in Table 101. The fuse-link shall operate without external effects or damage.

8.4.3.2 Verification of rated current (see AA.3.3)

The fuse-link is tested under the same test conditions as indicated in 8.3.1.

It is subjected to 100 test cycles, each consisting of an “on” period of 0,1 times the conventional time as specified in Table 101 at rated current and an “off” period of the same duration.

8.4.3.3.1 Time-current characteristics

The time-current characteristics may be verified on the basis of the results obtained from the oscillographic records taken during the performance of the tests according to 8.5.

The pre-arcing period is determined from the instant of closing the circuit until the instant when the voltage measurement shows the beginning of the arc.

The value of pre-arcing time so determined, referred to the abscissa corresponding to the value of the prospective current, shall be within the time-current zone indicated by the manufacturer.

For a.c. prospective currents heading to actual pre-arcing time values of less than 10 cycles of rated frequency and up to current values where the melting is adiabatic, the currents shall be initiated in such a manner that the prospective current will be symmetrical.

For d.c., the time-current characteristics determined for a.c. are applicable for times longer than 15τ for the relevant circuit.

When, for the fuse-links of a homogeneous series (see 8.1.5.2), the complete test according to 8.5 is made only on the fuse-link having the largest rated current, it shall be sufficient to verify only the pre-arcing time for the fuse-link having the smallest rated current.

Pre-arcing time-current characteristics can be determined at any convenient voltage value and on any linear circuit. Tests to determine operating time-current characteristics require the proper voltage values and circuit characteristics.

8.4.3.4 Overload

The fuse-link is tested under the same test conditions as indicated in 8.3.1.

It is subjected to 100 load cycles, each cycle having a total duration of 0,2 times the conventional time, the “on” period with a current value and a duration corresponding to the coordinates of the overload capability to be verified, the “off” period forming the rest of the cycle. The conventional time is that specified in Table 101 .

NOTE These tests are deemed to verify the overload capability of the fuse on d.c. for pre-arcing times greater than 15τ for the relevant circuit.

8.4.3.5 Conventional cable overload protection test (for “gR” and “gS” fuse-links only)

“gR” and “gS” fuse-links: IEC 60269-1 applies.

8.4.3.6 Operation of indicating devices and strikers, if any

The correct operation of indicating devices is verified in combination with the verification of breaking capacity (see 8.5.5).

For verifying the operation of strikers, if any, an additional test sample shall be tested:

- at a current of I_{2a} (see Table 104 and Table 105);
- at a recovery voltage of 20 V.

The value of the recovery voltage may be exceeded by 10 %.

The striker shall operate during all tests.

However, if, during one of these tests, the indicating device or striker fails, the test shall not be considered negative on this account, if the manufacturer can furnish evidence that such failure is not typical of the fuse type, but is due to a fault on the individual tested sample. If such a failure occurs, then twice the number of samples shall be tested for the particular test duty, without further failure.

The characteristics and the verification of the characteristics of indicating devices or strikers are subject to an agreement between the manufacturer and user.

8.5 Verification of the breaking capacity

8.5.1 Arrangement of the fuse

In addition to the conditions of 8.1.4 and 8.3.1, the following applies.

For breaking-capacity tests, the fuse-link shall be mounted in a manner resembling its practical use, in particular with respect to the location of the conductors. In cases where the fuse-link can be used rigidly supported at one end only, it shall be so mounted for the test. Fuse-links intended to be always rigidly supported at both ends shall be so tested.

8.5.5 Test method

8.5.5.1 In order to verify that the fuse-link satisfies the conditions of 7.5 for a.c., test Nos. 1 to 2a for “aR” fuse-links and tests numbers 1, 2 and 5 for “gR” and “gS” fuse-links, as described below, shall be made, unless otherwise specified, with the values stated in

Table 104 (see 8.5.5.2) for each of these tests. For d.c. tests, numbers 11 to 12a for “aR” fuse-links and numbers 11, 12 and 13 for “gR” and “gS” fuse-links shall be made, unless otherwise specified, with the values stated in Table 105. For VSI fuse-links, test no 21 shall be made with the values stated in Table 106.

Test Nos. 1 and 2 for a.c.; or 11 and 12 for d.c. or 21 for VSI fuse-links: For each of these tests, three fuse-links shall be tested in succession. If, during test No. 1, the requirements of test No. 2 are met on one or more tests, then these tests need not be repeated as part of test No. 2. The same applies for tests numbers 11 and 12 for d.c.

Test Nos. 2a and 5 for a.c. and 12a and 13 for d.c.: For a.c., the values of test current are specified in Table 104. For d.c., the values of test current are specified in Table 105. For a.c. tests, the closing of the circuit in relation to the passage of the applied voltage through zero may be effected at any instant. If the testing arrangement does not permit the current to be maintained at the full voltage during all of the time required, the fuse may be pre-heated at reduced voltage by applying a current approximately equal to the value of the test current. In this case, switching over to the test circuit according to 8.5.2 shall take place before the arc is initiated, and the switching time T_1 (interval without current) shall not exceed 0,2 s. The time interval between re-application of the current and beginning of arcing shall be not less than three times T_1 .

8.5.5.2 For one of the tests of No. 2 and for test No. 2a or 5 for a.c., and one of the tests of No. 12 and for tests 12a or 13 for d.c., and for one test of 21 for VSI, the recovery voltage shall be maintained at a value of:

- for a.c. 110^{+2}_{-3} % of the rated voltage,
- for d.c., 100^{+20}_0 % of the rated voltage,
- for VSI, 100^{+15}_0 % of the rated voltage,

for at least:

- 30 s after operation of fuse-links not containing organic materials in their body or filler;
- 5 min after operation of the fuse-links in all other cases, switching over to another source of supply being permitted after 15 s if the switching time (interval without voltage) does not exceed 0,1 s.

For all other tests, the recovery voltage shall be maintained at the same value for 15 s after operation of the fuse.

In a lapse of time of at least 6 min and maximum 10 min after the operation, the resistance between the contacts of the fuse-link shall be measured (see 8.5.8) and noted. With the manufacturer's consent, shorter times are possible if the fuse-link does not contain organic materials in its body or filler.

Table 104 – Values for breaking-capacity tests on a.c. fuses

	Tests according to 8.5.5.1			
	No. 1	No. 2	No. 2a	No. 5
Power-frequency recovery voltage ^c	110 ⁺² ₋₃ % of the rated voltage ^a 110 ⁺⁵ ₀ % for other rated voltages ^a			
Prospective test current	<i>I</i> ₁	<i>I</i> ₂	<i>I</i> _{2a} "aR"	<i>I</i> ₅ = 1,25 <i>I</i> ₁ "gR" and "gS"
Tolerance on current	⁺¹⁰ ₀ % ^a	Not applicable		⁺²⁰ ₀ %
Power factor	0,2 – 0,3 for prospective current up to and including 20 kA 0,1 – 0,2 for prospective current above 20 kA		0,3 to 0,5 ^b	
Making angle after voltage zero	Not applicable	0 ⁺²⁰ ₀ °	Not specified	
Initiation of arcing after voltage zero	65° to 90°	Not applicable		
<i>I</i> ₁ is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2).				
<i>I</i> ₂ is the current which shall be chosen in such a manner that the test is made under conditions which approximate those giving maximum arc energy.				
NOTE This condition may be deemed to be satisfied if the current at the beginning of arcing (instantaneous value) has reached a value between 0,6√2 and 0,75√2 times the prospective current (for a.c., the r.m.s. value of the a.c. component).				
As a guide for practical application, the value of current <i>I</i> ₂ may be found between three and four times the current which corresponds to a pre-arcing time of one half-cycle of rated frequency on the time-current characteristic.				
<i>I</i> _{2a} is the minimum value of the breaking capacity of the fuse-link in the overcurrent range specified by the manufacturer (see 7.4).				
<i>I</i> ₅ is the test current deemed to verify that the fuse is able to operate satisfactorily in the range of small overcurrents.				
^a The positive tolerance may be exceeded with the manufacturer's consent.				
^b Power factors lower than 0,3 may be permitted with the manufacturer's consent.				
^c For single-phase circuits, the r.m.s. value of the applied voltage is for all practical purposes equal to the r.m.s. value of the power-frequency recovery voltage.				

8.5.8 Acceptability of test results

Fuse-links shall be deemed not to comply with this standard if, during the tests, one or more of the following failures occur:

- ignition of the fuse-link, excluding any paper labels or the like used as indicating devices;
- mechanical damage to the conventional test arrangement;
- mechanical damage to the fuse-link;

NOTE Thermal cracking which leaves the fuse-link in one piece is accepted.

- burning or melting of end caps;
- significant movement of end caps.

Table 105 – Values for breaking-capacity tests on d.c. fuses

	Tests according to 8.5.5.1			
	No. 11	No. 12	No. 12a	No. 13
Mean value of recovery voltage ^a	115 ⁺⁵ ₋₉ % of the rated voltage ^b			
Prospective test current	<i>I</i> ₁	<i>I</i> ₂	<i>I</i> _{2a} “aR”	<i>I</i> ₅ = 1,25 <i>I</i> _f “gR” and “gS”
Tolerance on current	+10 0 %	Not applicable		+20 0 %
Time constant ^c	Where prospective test current is greater than 20 kA: 10 ms to 15 ms Where prospective test current <i>I</i> is equal to, or less than, 20 kA: 0,5 (<i>I</i>) ^{0,3} ms with a tolerance of ⁺²⁰ ₀ % ^b (value of <i>I</i> in A)			
<i>I</i> ₁	is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2).			
<i>I</i> ₂	is the current which shall be chosen in such a manner that the test is made under conditions which approximate those giving maximum arc energy. NOTE This condition may be deemed to be satisfied if the current, at the beginning of arcing, has reached a value between 0,5 and 0,8 times the prospective current.			
<i>I</i> _{2a}	is the minimum value of the breaking capacity of the fuse-link in the overcurrent range specified by the manufacturer (see 7.4).			
<i>I</i> ₅	is the test current deemed to verify that the fuse is able to operate satisfactorily in the range of small overcurrents.			
a	This tolerance includes ripple.			
b	The upper limit may be exceeded with the manufacturer's consent.			
c	In some practical applications, time-constant values may be found which are shorter than those indicated in the tests and which may result in a more favourable fuse performance. Time constants which are considerably longer than those indicated will in most cases significantly affect the performance, in particular with respect to the rated voltage. For such applications, further information may be available from the manufacturer.			

8.6 Verification of the cut-off current characteristic

8.6.1 Test method

For a.c., tests shall be made as specified in Table 104.

For d.c., tests shall be made as specified in Table 105.

For VSI fuse-links, tests shall be made as specified in Table 106.

Tests conducted in accordance with 8.5 shall be used for evaluation according to 8.6.2. The tests may be used to prove the characteristics of all fuse-links of a homogeneous series.

Table 106 – Values for breaking-capacity tests on VSI fuse-links

	Tests according to 8.5.5.1
	No. 21
Mean value of recovery voltage ^a	110 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -3 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage ^b
Prospective test current	I_1
Tolerance on current	$\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix}$ %
Time constant	Less than 3 ms ^c
I_1 is the current which is used in the designation of the rated breaking capacity (see 5.7.2).	
^a This tolerance includes ripple.	
^b The upper limit may be exceeded with the manufacturer's consent.	
^c Prospective current with high di/dt instead of low time constant may be utilized with the manufacturer's consent.	

8.6.2 Acceptability of test results

For a.c., cut-off characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 in Table 104.

For d.c., cut-off current characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 in Table 105.

For VSI fuse-links, cut-off characteristics shall be verified from test No. 21 in Table 106.

8.7 Verification of the I^2t characteristics and overcurrent discrimination

8.7.1 Test method

The test method is that specified in 8.6.1.

8.7.2 Acceptability of test results

For a.c., the I^2t characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 according to Table 104.

For d.c., the I^2t characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 according to Table 105.

For VSI fuse-links, the I^2t characteristics shall be verified from tests No. 21 according to Table 106.

The values of the pre-arcing I^2t at each prospective current shall be not less than the values stated by the manufacturer.

The values of operating I^2t at each prospective current shall not exceed the values indicated by the manufacturer for the stated applied voltage.

8.7.3 Verification of compliance for fuse-links at 0,01 s

Not applicable.

8.7.4 Verification of overcurrent discrimination

Not applicable.

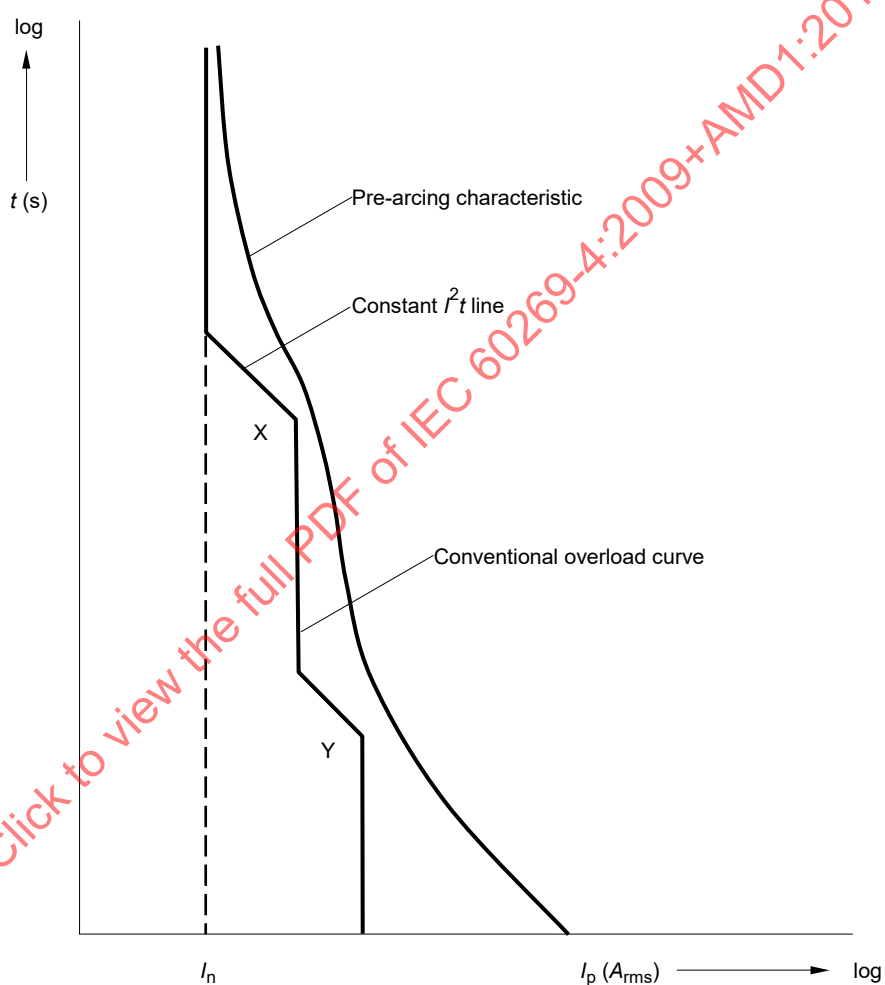
8.7.5 Verification of arc voltage characteristics and acceptability of test results

The highest values of arc voltage derived from each of the following tests shall not exceed those indicated by the manufacturer.

For a.c., the arc voltage characteristics shall be verified from tests Nos. 1 and 2 in Table 104.

For d.c., the arc voltage characteristics shall be verified from tests Nos. 11 and 12 in Table 105.

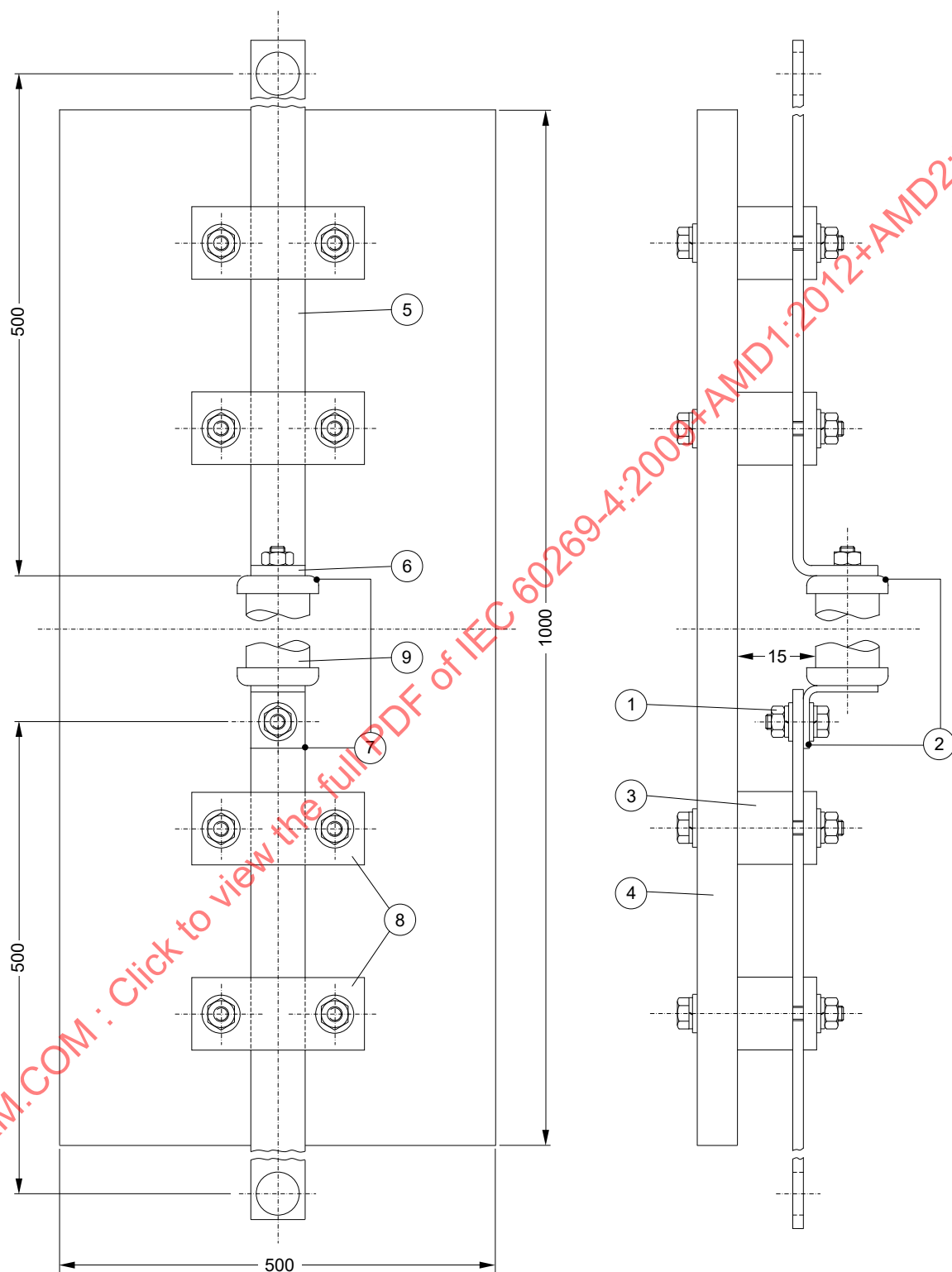
For VSI fuse-links, the arc voltage characteristics shall be verified from tests No. 21 in Table 106.



IEC 689/09

Figure 101 – Conventional overload curve (example)
(X and Y are points of verified overload capability)

Dimensions in millimetres



IEC 690/09

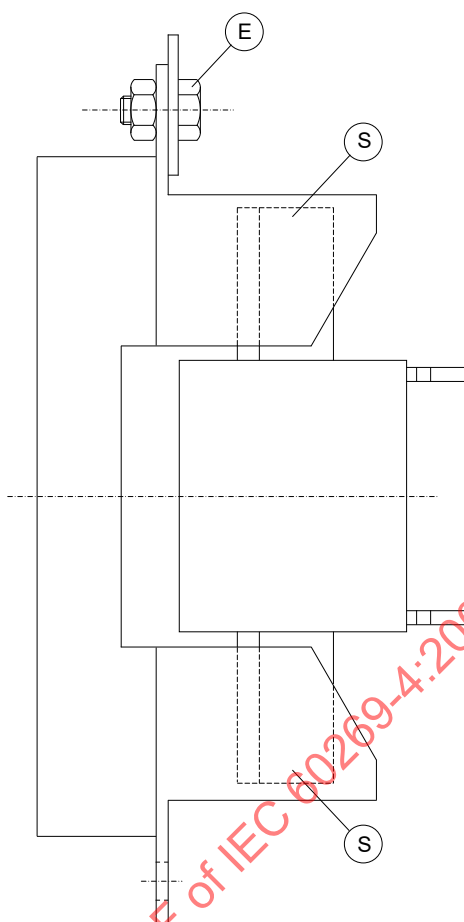
Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links

Key

- 1 fixing bolts
- 2 alternative points of measurement of voltage for determination of power dissipation
- 3 insulating blocks (for example, wood)
- 4 insulated base panel (for example, 16 mm plywood)
- 5 matt black finish
- 6 position of thermocouple fixed to hottest upper metal part of the fuse-link, indicated by the manufacturer or otherwise specified
- 7 contact surface to be tin-plated
- 8 insulated clamps. Where necessary, the two upper clamps may be left loose.
- 9 the body of the fuse-link can be round or rectangular

Figure 102 – Example of a conventional test arrangement for bolted fuse-links
(concluded)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV



IEC 691/09

Key

Points of measurement:

- E temperature rise
- S power dissipation

Figure 103 – Example of a conventional test arrangement for blade contact fuse-links

Annex AA (informative)

Guidance for the coordination of fuse-links with semiconductor devices

AA.1 General

This annex is limited to the use of fuse-links in circuits having the characteristics generally found in converters based on semiconductors.

It deals with the performance of fuse-links under the conditions covered but it does not deal with the adequacy of fuse-links with respect to converters.

NOTE Attention is drawn to the fact that fuse-links intended for use on a.c. are not necessarily suitable for use on d.c. The manufacturer should be consulted on all cases of d.c. applications. It should be noted in particular that the relationship between rated voltage a.c. versus rated voltage d.c. cannot be stated in a general form. The few references in this guide to d.c. operations are not complete and do not cover all of the important factors related to such use.

It is the object of this annex to explain the performance to be expected from the fuse-links in terms of their ratings and in terms of the characteristics of the circuits of which they form a part, in such a manner that this may form the basis for the selection of the fuse-links.

AA.2 Terms and definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply. See also the terms and definitions of Clause 2.

AA.2.1

pulsed current (in a semiconductor fuse-link)

unidirectional current, the instantaneous value of which varies in a cyclic manner and includes intervals of zero or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total cycle

NOTE A typical pulsed current is the current in a single arm of a bridge-connected rectifier.

AA.2.2

pulsed load (in a semiconductor fuse-link)

load where the r.m.s. value of the current varies in a cyclic manner and includes intervals of zero current or insignificantly small values of current for times significant in relation to the total load cycle

NOTE In a rectifier circuit, a pulsed load may be caused by cyclic making and breaking of the d.c. circuit current; for instance, by the starting and stopping of a motor.

AA.3 Current-carrying capabilities

AA.3.1 Rated current

The rated current of a semiconductor fuse-link is assigned by the manufacturer and verified in particular by the temperature-rise test (see 8.3) and by the repetitive duty test as described in 8.4.3.2.

NOTE The ability to carry current without deterioration is closely related to the temperature variations. The data given by the manufacturer relate to the test conditions (see 8.1.4 and 8.3). The cooling conditions depend on the physical properties of the fuse-link, the flow of the cooling medium, the type and temperature of the connections and of adjacent hot bodies.

Guidance on the influence of these factors may be obtained from the manufacturer.

AA.3.2 Continuous duty current

For most kinds of fuse-links for semiconductor devices, the continuous duty current is identical with the rated current (see AA.3.1). However, fuse-links designed for applications not requiring the carrying of rated current continuously are to be de-rated for continuous duty.

AA.3.3 Repetitive duty current

The tests for rated current verify that the fuse-link is able to withstand, under the test conditions, repetition of the rated current load at least 100 times. The expected life in the number of repetitions will increase as the value of the actual load current is reduced in relation to the rated current.

The manufacturer's advice should be sought on the suitability of a given fuse-link for a required repetitive duty, since the specified tests establish minimum life-expectancy requirements only.

AA.3.4 Overload current

The overload capability (see 5.6.4.1) indicated by the manufacturer is based on one or more coordinates of time and current for which the overload capability has been verified under conditions identical with those indicated for the rated current (see 8.4.3.4). The conventional overload characteristic based on these verified points is a conservative estimate of the overload capability (see 5.6.4.2 and Figure 101).

As the actual overload rarely shows the same function of time as the conventional overload, it shall be transformed into an equivalent conventional one as follows:

- the maximum value of the actual overload is equated to the maximum value of an equivalent conventional overload;
- the duration of the equivalent conventional overload shall be such that its I^2t becomes equal to the I^2t of the actual load integrated over a time of 0,2 times the conventional time of the fuse-link.

Any value of the load which approaches 0,2 times the conventional time shall be considered to be a continuous load with respect to the fuse-link.

However, as the verification of the overload capability is based on 100 overload cycles, the practical cases of repetitive overload may necessitate a de-rating. The manufacturer's advice should be sought.

AA.3.5 Peak current (cut-off current)

The highest value of peak current is obtained when the fuse-link operates under adiabatic conditions.

Under conditions where the rate-of-rise of the current is essentially constant, the instantaneous value of the current reached at the end of the pre-arcing period increases as the cube root of the rate-of-rise. For many fuse-links, this is essentially the peak value. For fuse-links reaching the peak value of current significantly later (in the arcing period), no general statement can be made and information should be obtained from the manufacturer.

AA.4 Voltage characteristics

AA.4.1 Rated voltage

The rated voltage (see 5.2) of the fuse-link for the protection of semiconductor devices is a value of sinusoidal applied voltage of rated frequency (or, in some cases, d.c.) assigned by the manufacturer. Information on the fuse-link is related to the rated voltage. Comparison between fuse-links of different manufacture on the basis of the voltage rating alone is insufficient.

AA.4.2 Applied voltage in service

The applied voltage is the voltage in the fault circuit that causes the fault current to flow. In most cases, it is possible to consider the no-load voltage in the fault circuit as the applied voltage, since the influence of the voltage drop can usually be disregarded.

NOTE The applied voltage may be affected by any commutation which takes place during the operation of the fuse-link or by the arc voltage of another fuse-link.

During the pre-arcing period, the applied voltage and the self-inductance of the circuit determine the rate of rise of the fault current (in general, it increases from zero to almost its peak value). In a given circuit, i.e. for a given self-inductance, it is the value of I^2t that determines the end of the pre-arcing period, and it is the integral of the applied voltage during that period that determines the instantaneous value of the current reached by the end of the pre-arcing period.

During the arcing period, the difference between the arc voltage and the applied voltage determines the rate of change of the current. Generally, it is a decrease from the peak value to zero. The zero value is reached in that instant where the integral of this difference becomes equal to the integral of the applied voltage over the pre-arcing period. For the time in which the arc voltage is less than the applied voltage, the current continues to increase; but, in most cases, this time is short and the associated current increase negligible.

For a fuse-link operating in the adiabatic or near adiabatic zone, the pre-arcing I^2t is a well-defined quantity. The arcing I^2t can assume very different values, even for the same arcing time. It becomes a minimum when the excess arc voltage reaches its maximum during the early part of the arcing period.

AA.4.3 Arc voltage

The peak value of the arc voltage indicated by the manufacturer is that obtained under the most unfavourable conditions. The arc-voltage characteristic is given as a function of the applied voltage. The peak value of the arc voltage should be limited to that which can be withstood by the semiconductor device.

AA.5 Power dissipation characteristics

AA.5.1 Rated power dissipation

The rated power dissipation is based on the rated current and on the standard test conditions (see 8.1.4 and 8.3.1). The temperature coefficient of the resistance of the fuse-link causes an increase in power dissipation at a higher rate than the square of the current.

For this reason, the manufacturer provides information about the relation between current and power dissipation either in the form of a power dissipation characteristic or in the form of discrete points.

The power dissipation characteristic may deviate from the rated value because of installation conditions different from those of the test (see 8.3).

AA.5.2 Factors influencing power dissipation

Because of the significant influence on power dissipation of the relation between the actual current and the rated current, it may be desirable to use fuse-links of larger current ratings than those determined by repetitive duty and overload. However, the higher current ratings imply a larger value of I^2t . The use of a fuse-link of the highest current rating consistent with reasonable protection may at the same time reduce power dissipation and solve the problems of repetitive duty and overload.

The use of a fuse-link of a higher voltage rating inherently leads to higher values of power dissipation. If its use is possible in spite of higher values of arc voltage, a reduction in the arcing I^2t will be obtained which may permit the selection of a fuse-link having a higher current rating, resulting in a reduction in power dissipation.

Fuse-links having iron parts may show a significant increase in power dissipation when used at frequencies higher than rated frequency.

AA.5.3 Mutual influence

A very short electrical connection between the fuse-link and the associated semiconductor device provides a significant thermal coupling between the two.

Thus, any reduction in the power dissipation of the fuse-link may improve the current loading of the semiconductor device.

AA.6 Time-current characteristics

AA.6.1 Pre-arcing characteristic

A pulsed current, as it appears in the arms of rectifiers or invertors, cannot be dealt with solely on the basis of its r.m.s. value. In marginal cases, it is necessary to make sure that a single pulse alone cannot damage the fuse-element. For instance, if a short-time overload (for example, below 0,1 s) is considered in accordance with 8.4.3.4, the peak of the actual overload is not the maximum value of the r.m.s. value, but the peak of the highest pulse.

Any current of frequency higher than rated frequency has practically no influence on the pre-arcing I^2t characteristic, except in the region mentioned above. For values of prospective current where the pre-arcing time at rated frequency is less than one quarter-cycle, the tendency at higher frequencies is towards shorter pre-arcing times. For frequencies lower than rated frequency, the effect is the opposite of that mentioned above. However, attention is drawn to the fact that the increase in pre-arcing time can be even more significant, particularly towards the higher values of prospective current.

For lower values of prospective current, the only influence of an asymmetrical current (a.c. with a transient d.c. component) is to give a slight increase in the r.m.s. value of the current.

In the adiabatic zone, the influence is best considered as an increase or decrease in the rate of rise, replacing the actual current by that symmetrical current that has the same (or similar) rate of rise during the pre-arcing period.

In the critical zone, where the pre-arcing I^2t characteristic leaves the adiabatic zone, a distinction has to be made between an asymmetry beginning with a major loop and one beginning with a minor loop. The major loop will give a decrease in the pre-arcing I^2t value, the minor loop will give an increase.

When considering the ability of the fuse-link to withstand an asymmetrical current, the peak of the asymmetry shall be taken into account.

In case of operation with d.c., the pre-arcing I^2t characteristic based on a.c. may not be applicable at all, or be only partly applicable, depending on the circuit parameters.

If the time constant of the circuit is smaller than the shortest time being considered, the prospective current is the applied voltage divided by the resistance.

If the circuit contains a significant amount of self-inductance, the adiabatic zone of the pre-arcing I^2t characteristic can be used provided the abscissa refers to rate of rise instead of prospective current, i.e. the rate-of-rise of d.c. is determined as the applied voltage divided by the self-inductance. It is further to be assumed that the value of the prospective current (the applied voltage divided by the resistance) is significantly higher (three times or more) than the cut-off current at the rate of rise considered.

For the remaining cases of d.c. operation, it is very difficult to draw any significant conclusions about the pre-arcing time to be expected from the normal pre-arcing I^2t characteristic based on a.c., and the manufacturer should be consulted. However, the majority of practical cases are covered by the consideration of the rate-of-rise equivalence.

The normal pre-arcing I^2t characteristic does not give much information on the behaviour in the case of a non-sinusoidal current unless it is either a case where the rate of rise is predominant (i.e. for very large currents) or where the current is of such low value that the long time involved permits the use of the r.m.s. value.

AA.6.2 Operating I^2t characteristic

For a given prospective current, the difference between the pre-arcing I^2t characteristic and the operating I^2t characteristic is the maximum value of the arcing I^2t which is possible under the conditions for which the operating I^2t is drawn. The data presented by the manufacturer are based on a low value of power factor (i.e. below 0,3) and the r.m.s. value of the applied voltage.

The worst case is reached when the instantaneous value of applied voltage is as large as possible both throughout the pre-arcing period and the arcing period. Since such a situation seldom occurs, advantage may be taken of this fact.

For the same applied voltage and the same prospective short-circuit current, a higher frequency implies a lower value of self-inductance, so the arcing time decreases and within practical limits it is inversely proportional to the frequency.

For the same applied voltage and the same prospective short-circuit current, a lower frequency implies a higher value of self-inductance, so the arcing time increases and within practical limits it is inversely proportional to the frequency.

NOTE Because of the longer arcing time and the resulting energy released, it is not certain that fuse-links are suitable for use at a frequency below rated frequency. The manufacturer should be consulted whenever operating frequency below rated frequency is contemplated.

The influence of asymmetrical current shall be taken into account in the selection of the maximum value of the arcing time.

In all cases of d.c. (see Note in AA.1) where the pre-arcing I^2t is judged on the basis of the rate of rise (see AA.6.1), and if the cut-off current is reached at the end of the pre-arcing period, the operating I^2t is also valid provided that the voltage parameter (which is based on r.m.s. values) is so chosen that the applied d.c. voltage is less than the average a.c. voltage (90 % of the r.m.s. value). All other cases require special consideration or additional information should be obtained from the manufacturer.

AA.7 Breaking capacity

Within the rating, breaking capacity for non-sinusoidal a.c. is rarely critical for fuse-links for the protection of semiconductor devices.

For the higher values of voltage (high-voltage fuse-links), the task of breaking small values of current may be a problem, but this problem normally lies outside the range of currents which is of interest here (see 7.4).

The breaking capacity is not impaired by frequencies higher than rated frequency as long as the maximum value of rate of rise of the current for rated frequency is not exceeded. At frequencies lower than rated frequency, the energy released in the fuse-link is larger than at rated frequency. Additional information should be obtained from the manufacturer, which may include a test at the lower frequency according to 8.5.5.1.

For breaking capacity on d.c. (see Note in AA.1), the energy released in the fuse-link is in many cases greater than at rated frequency. Often, satisfactory operation can be ensured only by using a fuse-link having an a.c. rated voltage appreciably higher than the d.c. supply voltage. Additional information should be obtained from the manufacturer.

AA.8 Commutation

Short-circuit currents in semiconductor installations normally involve circuits having several arms between which commutation can take place during the operation of the fuse-link. Such commutation can be caused by the cyclic change in the voltage of the a.c. source, by the firing of thyristors or by the arc voltage of another fuse-link.

The commutations influence the operation of the fuse-link by altering the circuit configuration, the circuit constants and by changing the applied voltage (for example, by adding an arc voltage).

Another form of unintentional commutation which may seriously affect the duty of the fuse-link is that caused by the appearance of a secondary fault.

Annex BB (normative)

Survey on information to be supplied by the manufacturer in his literature (catalogue) for a fuse designed for the protection of semiconductor devices

The following information shall be given separately for a.c. and, where applicable, for d.c.

- a) Name of the manufacturer (trade mark)
- b) Type or list reference of the manufacturer
- c) Rated voltage (see 3.4.1)
- d) Rated current (see 3.5)
- e) Rated frequency or frequencies (see 5.4)
- f) Rated breaking capacity (at rated voltage and at different applied voltages) (see 5.7.2 and 8.5)
- g) Pre-arcing and operating time-current characteristics (diagrams) and application class (symbol), where applicable (see 5.6.1 and 8.4.3.3.1)
- h) Pre-arcing I^2t characteristic (see 5.8.2.1 and 8.7.2)
- i) Operating I^2t characteristic in relation to the voltage with indication of the power factor or time constant (see 5.8.2.2 and 8.7.2)
- j) Arc voltage characteristic (see 5.9 and 8.7.5)
- k) Cut-off current characteristic (see 5.8.1 and 8.6)
- l) Temperature rise at rated current under conventional test conditions and indication of a defined measuring point (see 7.3 and 8.3.5)
- m) Power dissipation for at least 50 % and 100 % of the rated current, at fixed points or in the form of a diagram for that range (additional parameters may be 63 % and 80 %) (see 7.3 and 8.3.3)
- n) Required minimum operating voltage of the indicator (see 8.4.3.6)
- o) Permissible current as a function of the ambient temperature (diagram) (see 8.4.3.2)
- p) Instructions for mounting, where necessary, with respect to the dimensions (sketch)
- q) Current carrying ability under special conditions of mounting (for example, cross-sectional area of connected conductors, inadequate cooling, additional heat sources, etc.)

NOTE In the case of special conditions, the manufacturer should be consulted.

Annex CC (normative)

Examples of standardized fuse-links for the protection of semiconductor devices

CC.1 General

This annex is divided into seven specific examples of standardised dimensions:

- system of fuse-links with bolted connections, type A – British
- system of fuse-links with bolted connections, type B – DIN
- system of fuse-links with bolted connections, type C – North American
- system of fuse-links with flush end connections, type A
- system of fuse-links with flush end connections, type B – North American
- system of fuse-links with cylindrical contact caps, type A – North American
- system of fuse-links with cylindrical contact caps, type B – French

Fuse-links for the protection of semiconductor devices may also have the same dimensions as fuse-links according to:

- IEC 60269-2: system of fuses A, B, F and H;
- IEC 60269-3: system of fuses A.

In addition to meeting the requirements of this standard, the power dissipation of the fuse-link shall not exceed the acceptable power dissipation of the associated fuse bases or fuse-holders. Where the power dissipation of the fuse-link exceeds the acceptable power dissipation of the standardised fuse base or fuse-holder, de-rating values shall be given by the manufacturer.

CC.2 System of fuse-links with bolted connections, type A - British

CC.2.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.1 to CC.3. Their rated voltages and currents are as follows:

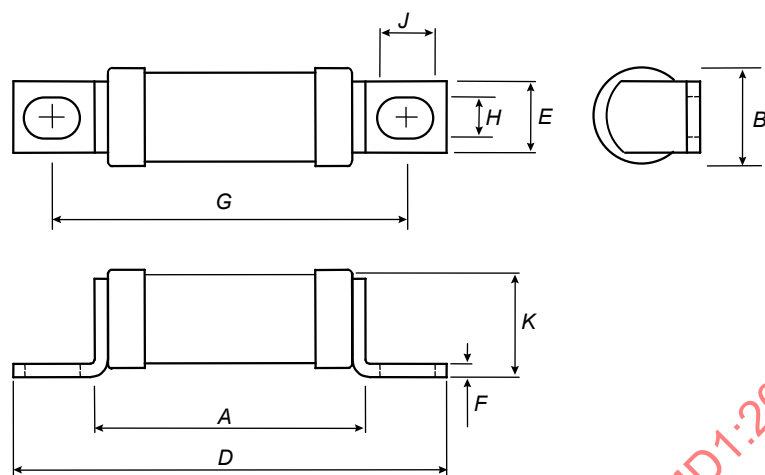
- 230 V a.c. up to 900 A;
- 690 V a.c. up to 710 A.

CC.2.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figures CC.1 to CC.3.

CC.2.3 Construction of a fuse-link

For indication of operation, a striker fuse-link may be used. The standardised dimensions of the striker fuse-links are given in Figure CC.4.

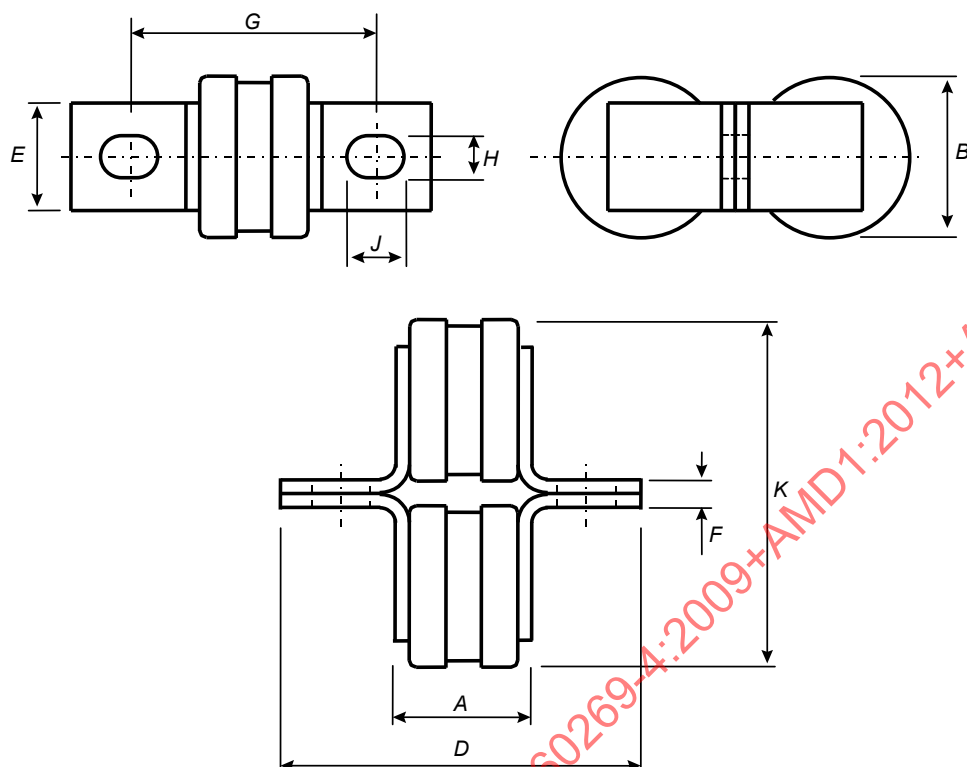


Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	20	29	8,7	47,6	6,4	0,9	38	4	4,8	8,8
690	20	55	8,7	75	6,4	0,9	64,5	4	4,8	8,8
230	180	29,2	17,7	58,4	12,7	2,5	42	6,4	7,9	19,3
690	100	50,6	17,7	79,8	12,7	2,5	63,5	6,4	7,9	19,3
230	450	32,6	38,2	85	25,4	3,3	59	10,3	13	41,5
690	355	60	38,2	114	25,4	3,3	85	10,3	13	41,5
NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.										

Figure CC.1 – Single body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 693/09

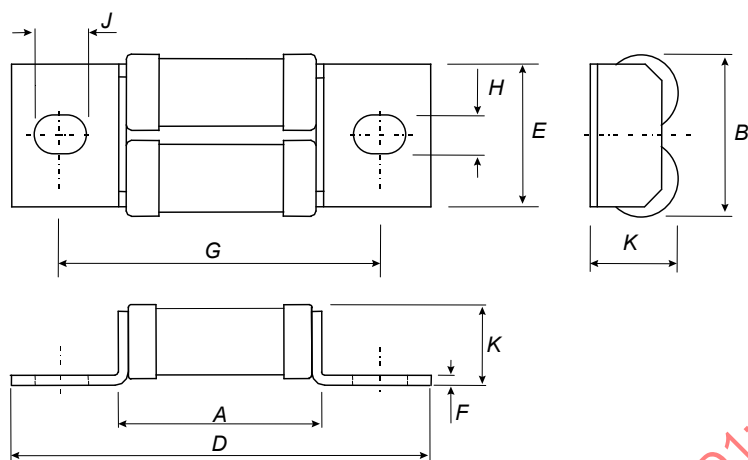
Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F nom.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
230	900	32,6	38,2	85	25,4	6,4	59	10,3	13	83
690	710	60	38,2	114	25,4	6,4	85	10,3	13	83

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.2 – Double body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 694/09

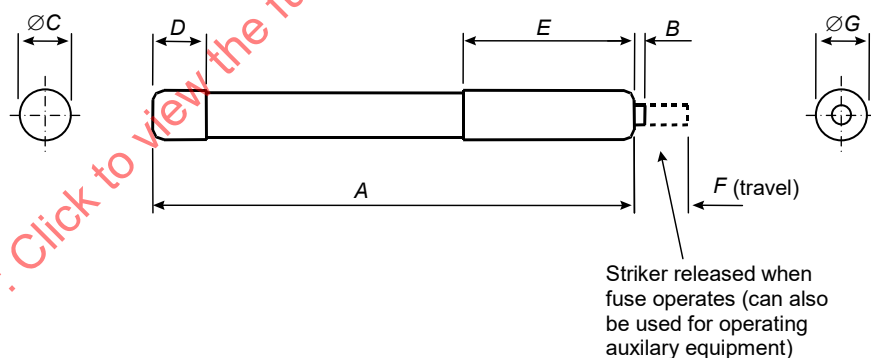
Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	A max.	B max.	D max.	E nom.	F max.	G nom.	H nom.	J min.	K max.
690	200	50,6	37	95	32	1,6	70	8,7	10,3	19,9

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.3 – Twin body fuse-links

Dimensions in millimetres



IEC 695/09

Key

Typical voltage rating V a.c.	A max.	B nom.	ØC nom.	D max.	E nom.	F nom.	ØG max.
230	48	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9
690	62	0,8	6,4	5,6	19	5,6	7,9

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.4 – Striker fuse-links

CC.3 System of fuse-links with bolted connections, type B - DIN

CC.3.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.5 and CC.6. They have rated currents up to 1 250 A and rated voltages up to 1 250 V a.c.

CC.3.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.1)

Table CC.1 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.3.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

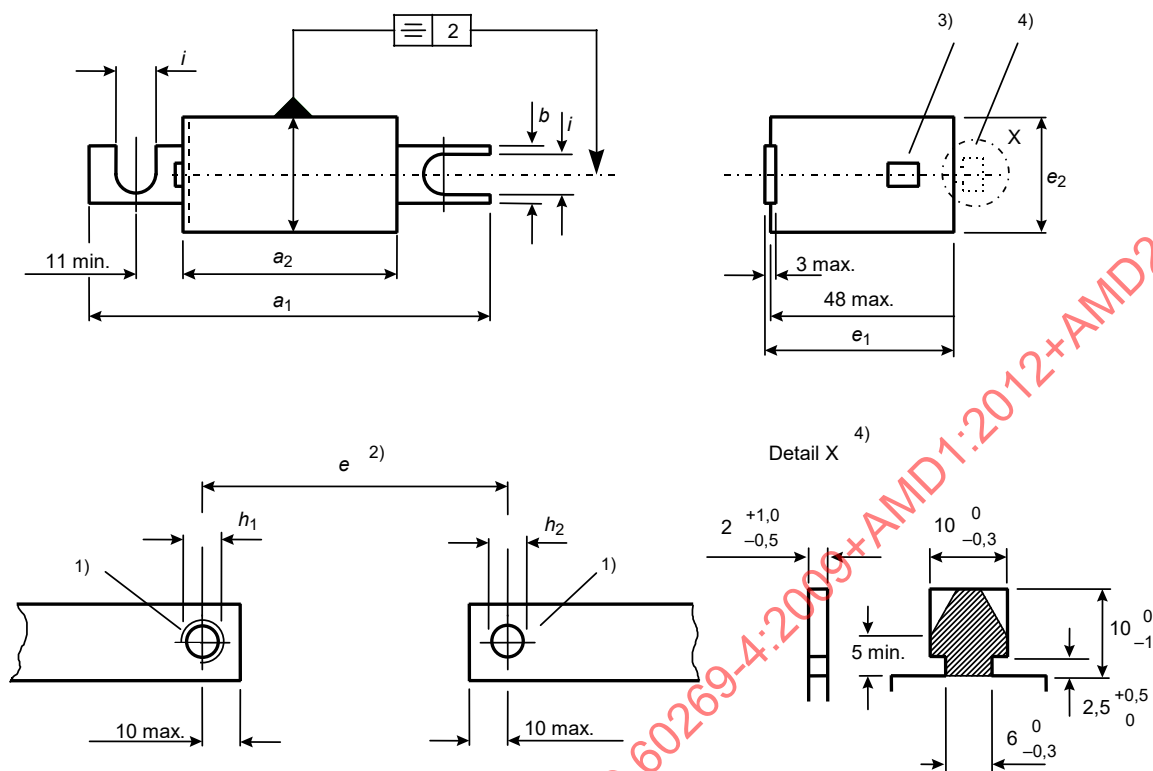
The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figures CC.5 and CC.6.

Fuse-links with other fixing dimensions, for example elongated holes, longitudinal or cross-slots, shall be agreed between manufacturer and user.

CC.3.4 Construction of a fuse-link

If the fuse-link is provided with an indicator or striker, then its position has to be agreed between the manufacturer and user.

Dimensions in millimetres



IEC 696/09

Key

Body size	e ± 2	a_1 max.	a_2 max.	b min.	e_1 max.	e_2 max.	h_1	h_2 $+0,3$ 0	i 0 $-0,5$
000	80	105	56	20	51	21	M8	9	9
00	80	105	56	20	51	30	M10	11	11
	110	140	86						

1) Thread or corresponding through-hole for flat terminations

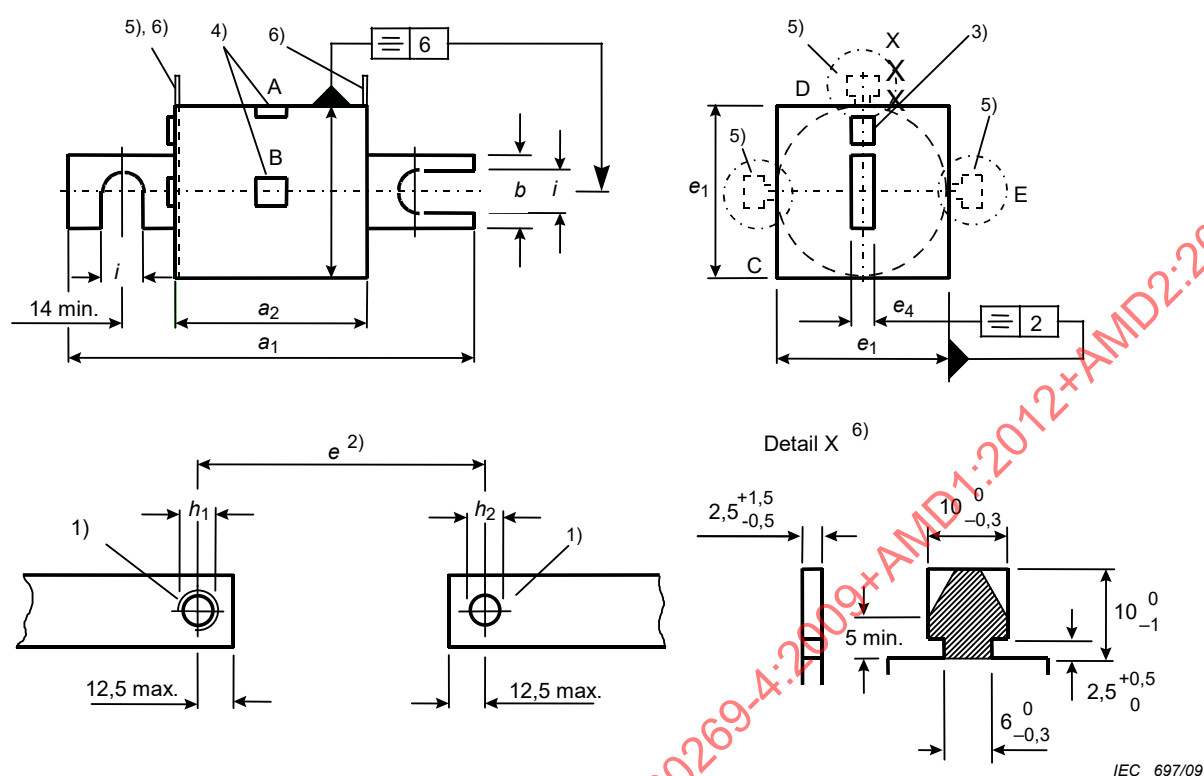
2) Distance of terminals

3) Indicator or striker (if required)

4) Lug for signalling device (if required)

Figure CC.5 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 000 and 00

Dimensions in millimetres



IEC 697/09

Key

Body size	e	a ₁	a ₂	b	e ₁	e ₄	h ₁	h ₂	i
	± 2	max.	max.	min.	max.	max.		+0,3 0	0 -0,5
0	80 110	110 150	50 80	19	45	6,5	M10	11	11
1	80 110	110 150	50 80	24	53	6,5	M10	11	11
2	80 110	110 150	50 80	24	61	6,5	M10	11	11
3	80 110 170 210	110 150 210 250	50 80 140 180	29	76	6,5	M12 7)	13	13 8)

- 1) Thread or corresponding through-hole for flat terminations
- 2) Distance of terminals
- 3) Indicator or striker (if required)
- 4) Indicator or striker, position A or B (if required)
- 5) Alternative positions C, D and E for lug for signalling device (if required)
- 6) Gripping lugs, dimensions according to Figure 101 of IEC 60269-2 (if required)
- 7) M10 also possible
- 8) 11 also possible for M10

Figure CC.6 – Fuse-links with bolted connections, type B, body sizes 0, 1, 2 and 3

CC.4 System of fuse-links with bolted connections, type C – North American

CC.4.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having bolted connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.7. Their a.c. rated voltages (see CC.4.3) and currents are as follows:

- 130/150 V a.c. up to 1 000 A;
- 250/300 V a.c. up to 800 A;
- 500 V a.c. up to 1 200 A;
- 700 V a.c. up to 600 A;
- 1 000 V a.c. up to 800 A.

For d.c. voltage ratings, see CC.4.4.

CC.4.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.7.

CC.4.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

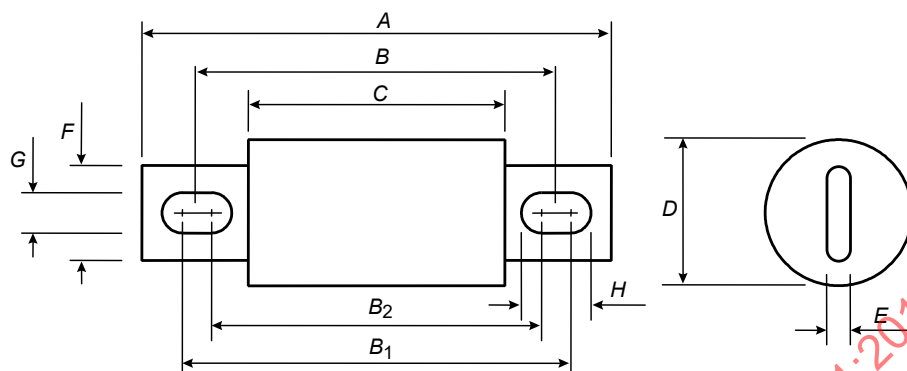
$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \%$ of the rated voltage.

CC.4.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix} \%$ of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



IEC 698/09

Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred current rating A	A max.	B nom.	B ₁ max.	B ₂ min.	C max.	D max.	E max.	F min.	G max.	H max.
150	50 – 450	69,1	52,4	57,5	45	31	29,1	5,2	22,6	8,3	20,9
	500 – 1 000	90,6	62,0	67	47,5	33,4	40,9	6,8	25,8	10,7	30,2
250/300	35 – 60	82,6	61,9	67,5	55,5	42,9	21	3,6	19,5	9,1	21,1
	65 – 200	81,1	60,3	64	54	42,9	31,8	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 800	99,2	70,6	79	55,5	42,1	51,2	6,8	25,4	12,3	25,6
500	35 – 60	92,6	62,7	75	54	54,1	25,4	3,6	19,5	9,1	30,1
	65 – 100	93,5	73,0	79	66,5	55,6	25,8	3,7	19,5	9,3	21,8
	110 – 200	93,8	73,0	76,5	66,5	55,7	31,4	5,2	25,8	9,1	19,1
	225 – 400	111,9	83,3	89	68	54,8	38,5	6,8	25,8	11,4	32,4
	450 – 600	115,6	86,5	91,5	69	58	51,2	6,8	38,5	12,3	33,8
	700 – 800	166	110,0	128	85,5	58	63,9	10,1	51,2	15,9	58,4
	900 – 1 200	178,6	127,0	140	110	84,2	77,4	11,5	60,7	17,9	47,9
700	35 – 60	112,6	92,1	100	72	74,6	25,8	5,2	19	10,7	38,7
	65 – 100	113,6	92,1	95,5	72	74,6	31,4	5,2	19	10,7	34,2
	110 – 200	131	102,4	108	72	73,8	38,5	6,8	25,8	12,3	48,3
	225 – 400	131	102,4	111	73	73,8	51,2	6,8	38,5	14,7	52,7
	450 – 600	181,6	129,4	147	81	73,9	63,9	10,1	38,5	16,3	82,3
1 000	35 – 60	128,6	108,0	111	98	90,5	25,8	5,2	19,5	8,3	21,3
	65 – 100	128,6	108,0	111	104	90,5	31,4	5,2	25,8	9,3	16,3
	110 – 200	146,9	118,4	123	104	89,7	39,3	6,8	25,8	11,7	29,7
	225 – 400	148,1	118,4	124	104	90,5	51,2	6,8	38,5	11,4	31,4
	450 – 800	197,7	150,8	154	117	101,6	89,8	10,1	51,2	16,3	53,3
NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.											

Figure CC.7 – Bolted fuse-links, type C

CC.5 System of fuse-links with flush end connections type A**CC.5.1 Scope**

The following supplementary requirements apply to fuse-links having flush end connections whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.8. They have rated currents up to 5 000 A and rated voltages up to 1 250 V a.c.

CC.5.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.2)**Table CC.2 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links**

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	$1,1 I_n$	$2,1 I_n$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$
$4 < I_n < 16$	1	$1,1 I_n$	$1,9 I_n$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$
$16 \leq I_n \leq 63$	1	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

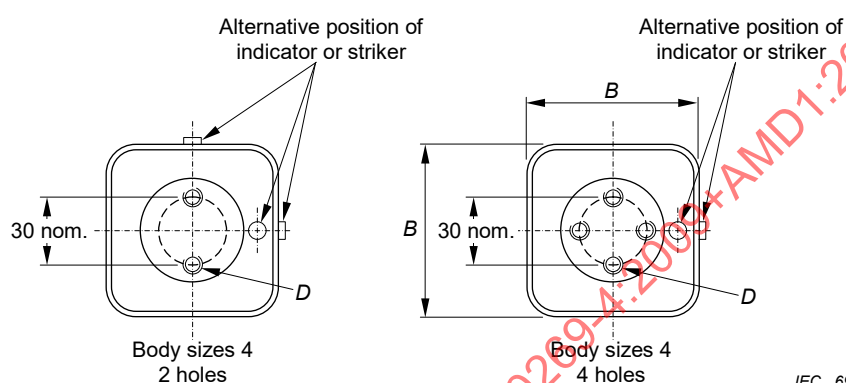
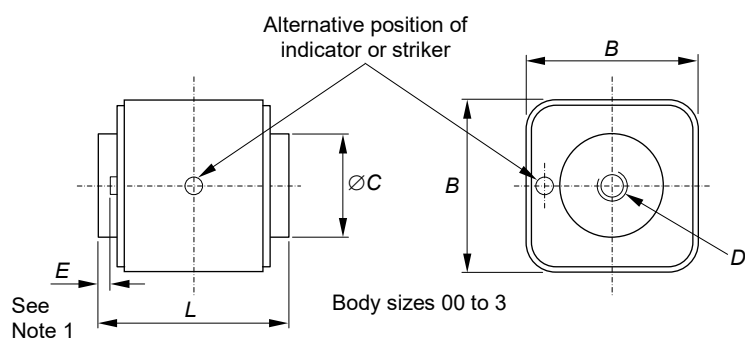
CC.5.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.8.

CC.5.4 Construction of a fuse-link

The fuse-links may have indicators or strikers, and if they are fitted, the standardised positions are shown in Figure CC.8.

Dimensions in millimetres



IEC 699/09

Key

Body size	Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	L max.	B max.	C min.	D		E
						Thread	Minimum depth	
00	690	400	65	30×48	15	M8	5	0,2
01	690	630	53	45	17	M8	5	0,2
01	1 000	500	77	45	17	M8	5	0,2
01	1 250	400	82	45	17	M8	5	0,2
1	690	1 000	53	53	19	M8	8	0,3
1	1 000	800	77	53	19	M8	8	0,3
1	1 250	630	82	53	19	M8	8	0,3
2	690	1 600	53	61	23	M10	9	0,4
2	1 000	1 250	77	61	23	M10	9	0,4
2	1 250	1000	82	61	23	M10	9	0,4
3	690	2 500	53	76	28	M12	9	0,5
3	1 000	2 000	93	76	28	M12	9	0,5
3	1 250	1 600	99	76	28	M12	9	0,5
4 hole								
4	690	5 000	67	120	50	M10	9	2,0
4	1 000	4 000	89	120	50	M10	9	2,0
4	1 250	3 150	110	120	50	M10	9	2,0
2 hole								
4	690	5 000	94	120	50	M12	10	2,0
4	1 000	4 000	100	120	50	M12	10	2,0
4	1 250	3 150	120	120	50	M12	10	2,0

NOTE 1 Minimum distance between mounting face and other fuse features.

NOTE 2 Alternative shapes of the end contact are permitted provided the surface area is not less than those shown.

NOTE 3 For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

Figure CC.8 – Flush end fuse-links, type A

CC.6 System of fuse-links with flush end connections, type B – North American

CC.6.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having flush end connections, whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.9. Their a.c. rated voltages (see CC.6.3) and currents are as follows:

- 130/150 V or 150 V a.c. up to 6 000 A;
- 250/300 V a.c. up to 4 500 A;
- 600 V a.c. up to 2 000 A.

For d.c. voltage ratings see CC.6.4

CC.6.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.9.

CC.6.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

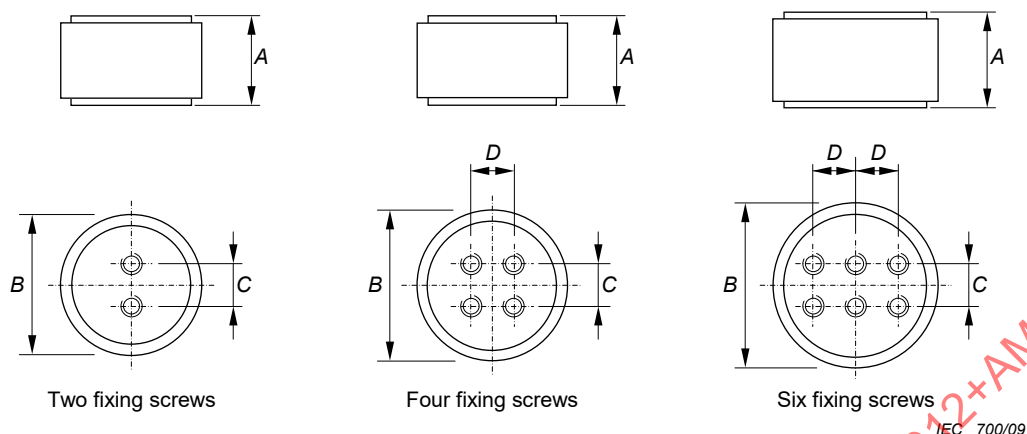
$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

CC.6.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

$100 \begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred current rating A	A max.	B max.	C max.	D max.	Thread inches ^a	Fixing screws
130/150	1 000 – 2 000	49,2	51,2	25,8		3/8"-24 × 1/2"	2
	2 500 – 3 000	49,2	76,6	38,5		1/2"-20 × 1/2"	2
	3 500 – 4 000	49,2	89,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
	5 000 – 6 000	61,9	146,5	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	6
250/300	800 – 1 200	67,4	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 500 – 2 500	67,4	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	3 000 – 4 500	67,4	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
600	700 – 800	103,2	76,6	38,5		3/8"-24 × 1/2"	2
	1 000 – 1 200	103,2	89,5	38,5	38,5	3/8"-24 × 1/2"	4
	1 500 – 2 000	103,2	114,7	38,5	38,5	1/2"-20 × 1/2"	4
^a Diameter – threads per inch × depth.							
NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.							

Figure CC.9 – Flush end fuse-links, type B

CC.7 System of fuse-links having cylindrical contact caps, type A – North American

CC.7.1 Scope

The following supplementary requirements apply to fuse-links having cylindrical contact caps whose dimensions comply with the requirements given in Figure CC.10. Their a.c. rated voltages (see CC.7.3) and currents are as follows:

- 150 V a.c. up to 60A;
- 600 V a.c. up to 30 A;
- 1 000 V a.c. up to 30 A.

For d.c. voltage ratings see CC.7.4.

CC.7.2 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.10.

NOTE Dimensions of fuse-links having cylindrical contact caps are also standardized in IEC 60269-2, System of fuses F:

sizes 10 × 38;
14 × 51;
22 × 58.

CC.7.3 Table 104

The power-frequency recovery voltage shall be:

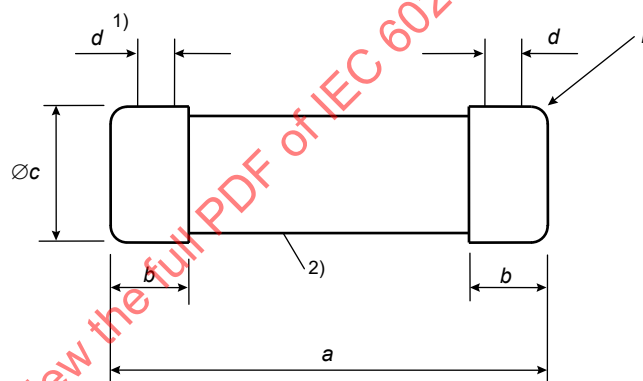
100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

CC.7.4 Table 105

The mean value of the recovery voltage shall be:

100 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -9 \end{smallmatrix}$ % of the rated voltage.

Dimensions in millimetres



IEC 701/09

Key

Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	<i>a</i>	<i>b</i> max.	<i>c</i>	<i>d</i> min.	<i>r</i>
150	35-60	51 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -1 \end{smallmatrix}$	15,9	20,6 ± 0,2	6	2 ± 1
600	1-30	127 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -3 \end{smallmatrix}$	16,2	20,6 ± 0,2	11	2 ± 1
1 000	1-30	66,7 $\begin{smallmatrix} +0,6 \\ -2 \end{smallmatrix}$	16,2	14,5 ± 0,2	11	2 ± 1

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

- 1) Cylindrical part within which the specified tolerances shall not be exceeded.
- 2) The diameter of the cartridge between the end caps shall not exceed diameter *c*.

Figure CC.10 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type A

CC.8 System of fuse-links having cylindrical contact caps, type B - French

CC.8.1 Scope

The supplementary requirements apply to fuse-links having cylindrical contact caps whose dimensions comply with the requirements given in Figures CC.11 and CC.12. The preferred rated voltages and corresponding rated currents are as follows (see Table CC.3):

Table CC.3 – Typical rated voltages and preferred maximum rated currents

Typical voltage rating V a.c.	Preferred maximum current rating A	Size
600	63	14 × 51
600	125	22 × 58
690	32	10 × 38
690	50	14 × 51
690	100	22 × 58
690	250	27 × 60
800	100	27 × 60
1 500	63	20 × 127
1 500	63	22 × 127
1 500	100	36 × 127
2 500	25	20 × 127
3 000	63	20 × 190
3 000	100	36 × 190

NOTE For d.c. and VSI voltage ratings consult the manufacturer.

CC.8.2 Conventional times and currents for “gR” and “gS” fuse-links (see Table CC.4)

Table CC.4 – Conventional time and current for “gR” and “gS” fuse-links

Rated current A	Conventional time h	Conventional current			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 4$	1	1,1 I_n	2,1 I_n	1,5 I_n	2,1 I_n
$4 < I_n \leq 16$	1	1,1 I_n	1,9 I_n	1,5 I_n	1,9 I_n
$16 \leq I_n \leq 63$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2	1,1 I_n	1,6 I_n	1,25 I_n	1,6 I_n
$160 < I_n \leq 400$	3				
$400 < I_n$	4				

CC.8.3 Mechanical design (see 7.1 of IEC 60269-1)

The standardized dimensions of the fuse-links are given in Figure CC.11 and CC.12.

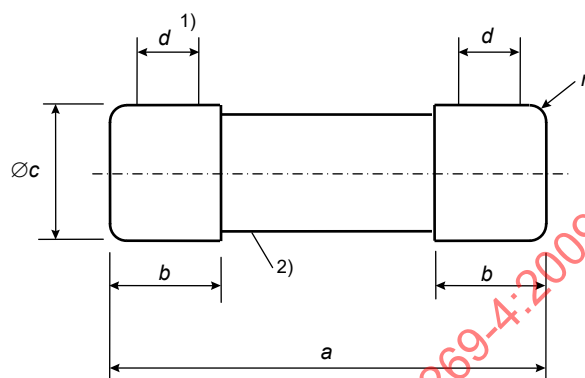
NOTE Dimensions of fuse-links having cylindrical caps are also standardized in

– IEC 60269-2, System of fuses F:

sizes 10 × 38;
14 × 51;
22 × 58;

– IEC 60269-2, System of fuses H.

Dimensions in millimetres



IEC 332/12

The drawings are not intended to govern the design of fuse-links except as regards the notes and dimensions shown.

Size	a	b max.	c	d min.	r
10 × 38	38 ^{+0,9 -0,6}	10,5	10,3 ± 0,1	6	1,5 ± 0,5
14 × 51	51 ^{+0,6 -1}	13,8	14,3 ± 0,1	7,5	2 ± 1
22 × 58	58 ^{+0,1 -2}	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
27 × 60	60,3 ± 0,8	16,3	27 ± 0,2	14	1,7 ± 1
20 × 127	127 ± 1	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
20 × 190	188 ± 2 ³⁾	16,2	20,6 ± 0,2	10,8	2 ± 1
22 × 127	127 ± 2 ³⁾	16,2	22,2 ± 0,1	11	2 ± 1
36 × 127	127 ± 1	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1
36 × 190	188 ± 2 ³⁾	27	36,3 ± 1	24,7	2 ± 1

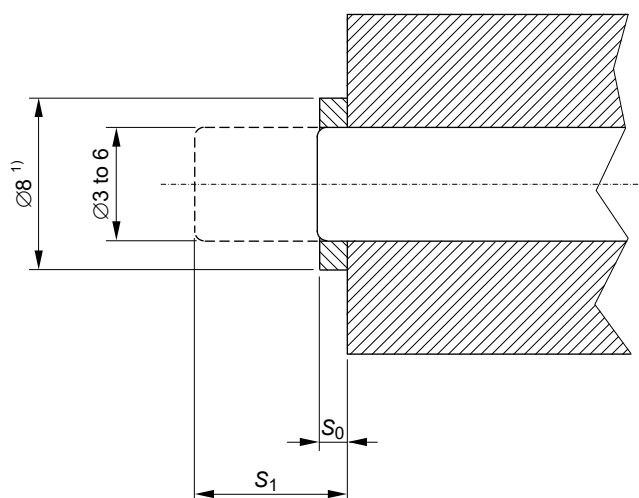
1) Cylindrical part within which the specified tolerances shall not be exceeded.

2) The diameter of the cartridge between the end caps shall not exceed diameter c.

3) For striker versions, the tolerance is ± 1.

Figure CC.11 – Fuse-links with cylindrical contact caps, type B

Dimensions in millimetres



Key

S_0 1 mm maximum

S_1 7 mm to 10 mm

1) Diameter of cylinder in which the striker must stay

NOTE The overall length a (see Figure CC.11) does not include S_0

The drawing is not intended to govern the design of fuse-links except as regards the notes and dimensions shown.

**Figure CC.12 – Fuse-links with cylindrical contact caps with striker, type B
(additional dimensions for all sizes except 10 × 38)**

Bibliography

IEC 60050-521, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 551: Power electronics*

IEC/TR 60269-5, *Low voltage fuses – Guidance for the application of low-voltage fuses*

IEC 60269-6, *Low-voltage fuses – Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60269-4:2009+AMD1:2012+AMD2:2016 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	56
1 Généralités.....	58
1.1 Domaine d'application et objet	58
1.2 Références normatives	59
2 Termes et définitions	59
3 Conditions de fonctionnement en service	60
4 Classification.....	62
5 Caractéristiques des fusibles	62
6 Marquage.....	66
7 Conditions normales d'établissement	67
8 Essais	68
Annexe AA (informative) Lignes directrices pour la coordination entre les éléments de remplacement et les dispositifs à semiconducteurs.....	82
Annexe BB (normative) Informations à fournir par le constructeur dans sa documentation (catalogue) sur les fusibles destinés à assurer la protection de dispositifs à semiconducteurs	89
Annexe CC (normative) Exemples d'éléments de remplacement normalisés pour la protection des semiconducteurs	90
Bibliographie	107
Figure 101 – Courbe conventionnelle de surcharge (exemple) (X et Y sont des points correspondant à une capacité de surcharge vérifiée)	78
Figure 102 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à platines	79
Figure 103 – Exemple de montage d'essai conventionnel pour éléments de remplacement à couteaux	81
Figure CC.1 – Eléments de remplacement à corps simple.....	91
Figure CC.2 – Eléments de remplacement à double corps	92
Figure CC.3 – Eléments de remplacement jumelés	93
Figure CC.4 – Eléments de remplacement à percuteur	93
Figure CC.5 – Eléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 000 et 00.....	95
Figure CC.6 – Eléments de remplacement à platines de type B, fusibles de tailles 0, 1, 2 et 3.....	96
Figure CC.7 – Eléments de remplacement à platines du type C	98
Figure CC.8 – Eléments de remplacement à plots du type A	100
Figure CC.9 – Eléments de remplacement à plots du type B	102
Figure CC.10 – Eléments de remplacement à capsules cylindriques du type A	103
Figure CC.11 – Elément de remplacement à capsules cylindriques du type B.....	105
Figure CC.12 – Elément de remplacement à capsules cylindriques avec percuteur, type B (dimensions supplémentaires pour toutes les tailles sauf les 10 × 38)	106
Tableau 101 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	64
Tableau 102 – Liste des essais complets	69

Tableau 103 – Liste des essais des éléments de remplacement de courant assigné le plus faible d'une série homogène	69
Tableau 104 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure des fusibles pour courant alternatif	75
Tableau 105 – Valeurs pour les essais de vérification du pouvoir de coupure de fusibles pour courant continu	76
Tableau 106 – Valeurs pour les essais du pouvoir de coupure des éléments de remplacement VSI	77
Tableau 107 – Section des conducteurs en cuivre pour les essais de calibres élevés	71
Tableau CC.1 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	94
Tableau CC.2 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	99
Tableau CC.3 – Tensions assignées type et courant assignés préférentiels maximaux	104
Tableau CC.4 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»	104

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES BASSE TENSION –

**Partie 4: Exigences supplémentaires concernant
les éléments de remplacement utilisés pour la protection
des dispositifs à semiconducteurs**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60269-4 porte le numéro d'édition 5.2. Elle comprend la cinquième édition (2009-05) [documents 32B/535/FDIS et 32B/541/RVD], son amendement 1 (2015-05) [documents 32B/579/CDV et 32B/586A/RVC] et son amendement 2 (2016-08) [documents 32B/651/FDIS et 32B/663/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60269-4 a été établie par le sous-comité 32B: Coupe-circuit à fusibles à basse tension, du comité d'études 32 de l'IEC: Coupe-circuit à fusibles.

Cette cinquième édition constitue une révision technique. Les modifications techniques significatives par rapport à la quatrième édition sont:

- l'introduction des éléments de remplacement pour onduleur à source de tension, y compris les exigences d'essai;
- les essais sur les caractéristiques de fonctionnement en courant alternatif, maintenant couverts par les essais de pouvoir de coupure;
- la mise à jour des exemples d'éléments de remplacement normalisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

La présente partie doit être utilisée conjointement avec la quatrième édition de l'IEC 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

Cette Partie 4 complète ou modifie les articles ou paragraphes correspondant de la Partie 1.

Lorsque aucune modification n'est nécessaire, la Partie 4 indique que l'article ou le paragraphe approprié est applicable.

Les tableaux et les figures qui sont complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101.

Les annexes supplémentaires sont appelées AA, BB, etc.

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

Une liste de toutes les parties de l'IEC 60269, sous le titre général: *Fusibles basse tension*, est disponible sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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. A cette date, la publication sera

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

FUSIBLES BASSE TENSION –

Partie 4: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs

1 Généralités

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

Sauf indication contraire dans le texte qui suit, les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs doivent répondre à l'ensemble des exigences énoncées dans l'IEC 60269-1 ainsi qu'aux exigences supplémentaires fixées ci-après.

1.1 Domaine d'application et objet

Les présentes exigences supplémentaires s'appliquent aux éléments de remplacement destinés à être associés à des matériels comportant des dispositifs à semiconducteurs et utilisés dans des circuits de tensions nominales inférieures ou égales à 1 000 V en courant alternatif, ou 1 500 V en courant continu, ainsi que, s'il y a lieu, dans des circuits de tensions nominales supérieures à ces valeurs.

NOTE 1 Ces éléments de remplacement sont communément dénommés «éléments de remplacement pour semiconducteurs».

NOTE 2 Dans la plupart des cas, une partie du matériel associé sert de socle. Du fait de la grande variété de matériels, il n'est pas possible d'établir des règles de portée générale; il convient que l'aptitude du matériel associé à servir de socle fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Cependant, si des socles ou ensembles porteurs séparés sont utilisés, il est recommandé que ceux-ci répondent aux exigences correspondantes de l'IEC 60269-1.

NOTE 3 L'IEC 60269-6 (Fusibles Basse Tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque) est dédiée à la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque.

NOTE 4 Ces éléments de remplacement sont destinés à être utilisés dans des installations fonctionnant aux tensions et tolérances normales de l'IEC 60038. Les essais effectués sur les éléments de remplacement conformes aux précédentes éditions de la présente norme doivent rester valides jusqu'à ce que les équipements évoluent aux valeurs des tensions et tolérances normales de l'IEC 60038.

Les présentes exigences supplémentaires ont pour objet de préciser les caractéristiques des éléments de remplacement pour les semiconducteurs de manière à permettre leur remplacement par d'autres éléments de remplacement ayant les mêmes caractéristiques, à condition que leurs dimensions soient identiques. A cette fin, la présente norme traite en particulier:

a) des caractéristiques suivantes des fusibles:

- 1) leurs valeurs assignées;
- 2) leurs échauffements en service normal;
- 3) leur puissance dissipée;
- 4) leurs caractéristiques temps-courant;
- 5) leur pouvoir de coupure;
- 6) leurs caractéristiques d'amplitude du courant coupé et leurs caractéristiques I^2t ;
- 7) leurs caractéristiques de tension de coupure;

b) des essais de type destinés à vérifier les caractéristiques des fusibles;

c) des indications à porter sur les fusibles;

d) de la disponibilité et de la présentation des données techniques (voir Annexe BB).

1.2 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).

IEC 60269-1, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60269-2, *Fusibles basse tension – Partie 2: Exigences supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels) – Exemples de systèmes de fusibles normalisés A à K*

IEC 60269-3, *Fusibles basse tension – Exigences supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées (fusibles pour usages essentiellement domestiques et analogues) – Exemples de systèmes de fusibles normalisés A à F*

IEC/TR 60269-5, *Fusibles basse tension – Partie 5: Lignes directrices pour l'application des fusibles basse tension*

IEC 60269-6, *Fusibles basse tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

IEC 60664-1: 2000, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

ISO 3, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

2 Termes et définitions

L'IEC 60269-1 s'applique avec les définitions supplémentaires suivantes.

2.2 Termes généraux

2.2.101

dispositif à semiconducteurs

dispositif dont les caractéristiques essentielles sont dues au flux de porteurs de charges à l'intérieur d'un semiconducteur

[VEI 521-04-01]

2.2.102

élément de remplacement pour semiconducteurs

élément de remplacement limiteur de courant capable d'interrompre, dans des conditions spécifiques, tout courant à l'intérieur de la zone de coupure (voir 7.4)

2.2.103

dispositif de signalisation

dispositif incorporé dans le fusible et signalant le fonctionnement du fusible à distance

NOTE Un dispositif de signalisation consiste en un percuteur et en un interrupteur auxiliaire. Des dispositifs électroniques peuvent également être utilisés.

2.2.104

onduleur à source de tension

VSI

onduleur alimenté par une source de tension imposée

[VEI 551-12-11]

2.2.105

élément de remplacement pour onduleur à source de tension

élément de remplacement VSI

élément de remplacement limiteur de courant capable d'interrompre, sous des conditions spécifiées, le courant de court-circuit fourni par la décharge d'un condensateur, connecté au courant continu, dans un onduleur à source de tension

NOTE 1 L'abréviation « élément de remplacement VSI » est utilisée dans ce document.

NOTE 2 Un élément de remplacement VSI fonctionne généralement sous un courant de court circuit fourni par la décharge d'un condensateur connecté au courant continu à travers une très faible inductance, dans le but de permettre un fonctionnement normal en haute fréquence. Cette condition de court-circuit conduit à un taux d'accroissement du courant très élevé équivalent à une très faible valeur de constante de temps, typiquement 3 ms ou moins. La tension est continue, même si la tension appliquée décroît quand le courant croît durant le court-circuit.

NOTE 3 Dans certaines applications d'entraînements multiples en courant alternatif, la sortie individuelle des onduleurs peut être éloignée de l'entrée principale du redresseur. Dans ces cas, les impédances correspondantes aux circuits de défaut peuvent influencer le fonctionnement des éléments de remplacement - la constante de temps correspondante et la dimension des condensateurs nécessitent d'être prises en compte pour choisir la protection appropriée contre les courts-circuits.

3 Conditions de fonctionnement en service

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

3.4 Tension

3.4.1 Tension assignée

En courant alternatif, la tension assignée d'un élément de remplacement est rapportée à la tension appliquée; elle est basée sur la valeur efficace d'une tension alternative sinusoïdale. De plus, il est admis que la tension appliquée se maintient à la même valeur pendant toute la durée de fonctionnement de l'élément de remplacement. Tous les essais de vérification des valeurs assignées sont fondés sur ce principe.

NOTE Pour de nombreux cas d'utilisation, la tension appliquée aura une forme suffisamment proche de la forme sinusoïdale pendant la partie essentielle du temps de fonctionnement; cependant, il existe beaucoup de cas où cette condition n'est pas satisfaite.

Le fonctionnement d'un élément de remplacement soumis à une tension non sinusoïdale peut être évalué en comparant en première approximation les moyennes arithmétiques des valeurs des tensions non sinusoïdales et sinusoïdales appliquées.

En courant continu et pour les éléments de remplacement VSI, la tension assignée d'un élément de remplacement est rapportée à la tension appliquée. Elle est basée sur la valeur moyenne. Dans le cas d'un courant continu obtenu par redressement du courant alternatif, les ondulations sont censées ne pas provoquer de variation supérieure à 5 % au-dessus ou à 9 % au-dessous de la valeur moyenne.

3.4.2 Tension appliquée en service

Dans les conditions de service, la tension appliquée est la tension qui, dans un circuit défectueux, provoque une augmentation du courant de façon telle que l'élément de remplacement fonctionne.

En courant alternatif, par conséquent, la valeur de la tension appliquée dans un circuit monophasé à courant alternatif est habituellement identique à la tension de rétablissement à fréquence industrielle. Pour les cas autres que celui de la tension alternative sinusoïdale, il est nécessaire de connaître la tension appliquée en fonction du temps.

Pour une tension unidirectionnelle et pour les éléments de remplacement VSI, les valeurs importantes sont les suivantes:

- la valeur moyenne sur l'ensemble de la durée de fonctionnement de l'élément de remplacement;
- la valeur instantanée vers la fin de la durée d'arc.

3.5 Courant

Le courant assigné d'un élément de remplacement pour semiconducteurs est basé sur la valeur efficace d'un courant alternatif sinusoïdal à fréquence assignée.

En courant continu, la valeur efficace du courant est supposée, en principe, ne pas dépasser la valeur efficace basée sur un courant alternatif sinusoïdal à fréquence assignée.

NOTE Le temps de réponse thermique de l'élément fusible peut être de valeur si faible qu'il ne soit pas admissible qu'un fonctionnement dans des conditions s'écartant sensiblement du courant sinusoïdal puisse être estimé sur la base de la seule valeur efficace du courant. Cela s'applique en particulier à des fréquences de valeur moins élevée et lorsque le courant présente des pointes importantes alternant avec des intervalles considérables de valeurs de courant insignifiantes, comme c'est le cas dans les convertisseurs de fréquence ou les matériels de traction.

3.6 Fréquence, facteur de puissance et constante de temps

3.6.1 Fréquence

La fréquence assignée se rapporte aux fréquences des tension et courant sinusoïdaux qui sont à la base des essais de type.

NOTE En particulier, lorsque la fréquence de fonctionnement en service s'écarte notablement de la fréquence assignée, il y a lieu de consulter le constructeur.

3.6.3 Constante de temps (τ)

En courant continu, les constantes de temps susceptibles de se rencontrer dans la pratique sont considérées comme correspondant à celles figurant dans le Tableau 105.

NOTE 1 Il existe des conditions de service telles que la constante de temps a une valeur supérieure à celle qui est indiquée dans le tableau. Dans un tel cas, il y a lieu d'utiliser un modèle d'élément de remplacement, essayé et marqué en conséquence, ou un élément de remplacement dont l'aptitude a fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur. Dans certaines conditions de service, la constante de temps est sensiblement inférieure aux valeurs spécifiées dans le tableau. Dans ce cas, la tension appliquée peut être supérieure à la tension assignée définie dans le Tableau 105.

Pour les éléments de remplacement VSI, les constantes de temps attendues en pratique sont considérées comme correspondant à celles figurant dans le Tableau 106.

NOTE 2 La forte pente de l'accroissement du courant de court circuit est due à la faible inductance, qui peut être considérée comme équivalente à une faible constante de temps.

NOTE 3 Il est possible d'utiliser le $di/dt = E/L$ des conditions de court-circuit à la place de la valeur de la constante de temps.

E = valeur de la tension de la source de puissance continue,
L = inductance totale du circuit de décharge des condensateurs.

3.10 Température à l'intérieur d'une enveloppe

Les valeurs assignées des éléments de remplacement étant basées sur des conditions spécifiées qui ne correspondent pas toujours aux conditions existantes au lieu d'installation, y compris les conditions atmosphériques locales, l'utilisateur peut avoir à consulter le constructeur quant à la nécessité éventuelle de réviser les valeurs assignées.

4 Classification

L'IEC 60269-1 est applicable.

5 Caractéristiques des fusibles

L'IEC 60269-1 s'applique avec les exigences supplémentaires suivantes.

5.1 Enumération des caractéristiques

5.1.2 Éléments de remplacement

- a) Tension assignée (voir 5.2)
- b) Courant assigné (voir 5.3 de l'IEC 60269-1)
- c) Nature du courant et fréquence (voir 5.4 de l'IEC 60269-1)
- d) Puissance dissipée assignée (voir 5.5 de l'IEC 60269-1)
- e) Caractéristiques temps-courant (voir 5.6)
- f) Zone de coupure (voir 5.7.1 de l'IEC 60269-1)
- g) Pouvoir de coupure assigné (voir 5.7.2 de l'IEC 60269-1)
- h) Caractéristiques d'amplitude du courant coupé (voir 5.8.1)
- i) Caractéristiques I^2t (voir 5.8.2)
- j) Dimensions ou taille (s'il y a lieu)
- k) Caractéristiques de tension de coupure (voir 5.9)

5.2 Tension assignée

Pour les tensions assignées inférieures ou égales à 690 V en courant alternatif et à 750 V en courant continu, l'IEC 60269-1 est applicable; pour les tensions supérieures, les valeurs doivent être choisies dans la série R 5 ou, si cela n'est pas possible, dans la série R 10 de l'ISO 3.

Un élément de remplacement doit avoir une tension assignée en courant alternatif ou en courant continu ou une tension assignée VSI. Il peut avoir une ou plusieurs de ces tensions assignées.

5.4 Fréquence assignée

La fréquence assignée est la fréquence à laquelle se rapportent les caractéristiques de fonctionnement.

5.5 Puissance dissipée assignée de l'élément de remplacement

En plus des exigences de l'IEC 60269-1, le constructeur doit indiquer la puissance dissipée en fonction du courant pour la gamme entre 50 % et 100 % du courant assigné ou pour 50 %, 63 %, 80 % et 100 % du courant assigné.

NOTE Dans les cas où il est intéressant de connaître la résistance de l'élément de remplacement, il convient que celle-ci soit déterminée sur la base du rapport entre la puissance dissipée et la valeur de courant correspondante.

5.6 Limites des caractéristiques temps-courant

5.6.1 Caractéristiques temps-courant, zones temps-courant

5.6.1.1 Exigences générales

Les caractéristiques temps-courant d'un élément de remplacement dépendent de la construction ainsi que, pour un élément de remplacement donné, de la température de l'air ambiant et des conditions de refroidissement.

Le constructeur doit fournir des caractéristiques temps-courant basées sur une température de l'air ambiant de 20 °C à 25 °C conformément aux conditions spécifiées en 8.3. Les caractéristiques temps-courant intéressantes sont les caractéristiques de préarc et de fonctionnement.

En courant alternatif, les caractéristiques temps-courant sont établies à la fréquence assignée et pour des temps de préarc et de fonctionnement supérieurs à 0,1 s.

En courant continu, elles sont établies conformément au Tableau 105 ainsi que pour des temps de pré-arc et de fonctionnement supérieurs à 15τ .

Pour les valeurs de courant présumé plus élevées (temps plus courts), les mêmes données doivent être présentées sous forme de caractéristiques I^2t (voir 5.8.2).

5.6.1.2 Caractéristiques temps-courant de préarc

En courant alternatif, la caractéristique temps-courant de préarc doit être basée sur un courant alternatif symétrique d'une fréquence donnée (fréquence assignée).

En courant continu, la caractéristique temps-courant de préarc présente une importance particulière pour des durées supérieures à 15τ pour le circuit considéré; dans cette zone, elle est identique à la caractéristique temps-courant de préarc en courant alternatif.

NOTE 1 En raison du grand nombre de constantes de temps du circuit susceptible de se présenter en service, il est recommandé de présenter les données relatives à des temps inférieurs à 15τ sous forme de caractéristique I^2t de préarc.

NOTE 2 La valeur de 15τ a été choisie pour éviter les effets des différents taux d'accroissement du courant sur la caractéristique temps-courant de préarc à des temps plus courts.

5.6.1.3 Caractéristiques temps-courant de fonctionnement

En courant alternatif avec des temps supérieurs à 0,1 s et en courant continu pour des temps supérieurs à 15τ , la durée d'arc est négligeable comparée au temps de préarc. La durée de fonctionnement est alors équivalente à la durée de préarc.

5.6.2 Courants et temps conventionnels

5.6.2.1 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «aR»

Voir 7.4.

5.6.2.2 Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Les courants et les temps conventionnels sont spécifiés au Tableau 101.

Tableau 101 – Courants et temps conventionnels pour les éléments de remplacement «gR» et «gS»

Courant assigné A	Temps conventionnel h	Courant conventionnel			
		Type “gR”		Type “gS”	
		I_{nf}	I_f	I_{nf}	I_f
$I_n \leq 63^a$	1				
$63 < I_n \leq 160$	2				
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,1 I_n$	$1,6 I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4				
^a A l'Annexe CC, quelques exemples spécifient les exigences pour $I_n \leq 16$.					
NOTE Voir l'explication de gR et gS en 5.7.1.					

5.6.3 Balises

Ne s'applique pas.

5.6.4 Courbes de surcharge

5.6.4.1 Capacité de surcharge vérifiée

Le constructeur doit indiquer les coordonnées des points le long de la caractéristique temps-courant (voir 5.6.1) pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée en accord avec la procédure indiquée en 8.4.3.4.

Le nombre et la position des points pour lesquels la capacité de surcharge doit être vérifiée doivent être laissés à la discrétion du constructeur. Les ordonnées de temps pour la vérification de la capacité de surcharge doivent être choisies dans l'intervalle 0,01 s à 60 s. D'autres points peuvent être ajoutés après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

5.6.4.2 Courbe conventionnelle de surcharge

La courbe conventionnelle de surcharge est composée de segments de droites passant par les points pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée. A partir de chacun de ces points, deux demi-droites sont tracées:

- l'une dirigée dans le sens des temps décroissants et parallèle à l'axe des ordonnées;
- l'autre dirigée dans le sens des temps croissants et passant par les points à valeur de I^2t constante.

Cette suite de segments de droites, se terminant sur la demi-droite représentant le courant assigné, constitue la courbe conventionnelle de surcharge (voir Figure 101).

NOTE Pour des applications pratiques, quelques points à capacité de surcharge vérifiée suffisent. Lorsque le nombre de points à capacité de surcharge vérifiée augmente, la courbe conventionnelle de surcharge devient plus précise.

5.7 Zone de coupure et pouvoir de coupure

5.7.1 Pouvoir de coupure et catégorie d'emploi

La première lettre doit indiquer la zone de coupure:

- élément de remplacement «a» (élément de remplacement pouvant couper une partie des courants seulement, voir 7.4);
- élément de remplacement «g» (élément de remplacement pouvant couper tous les courants).

La seconde lettre «R» ou «S» doit indiquer la catégorie d'emploi pour les éléments de remplacement conformes à cette norme pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

Le type «R» est plus rapide que le type «S» et donne des valeurs inférieures de I^2t .

Le type «S» a une puissance dissipée inférieure au type «R» et permet d'améliorer l'utilisation des conducteurs.

Par exemple:

- aR indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs pouvant couper une partie des courants seulement;
- gR indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs et pour usage général pouvant couper toutes les surcharges, optimisé pour réduire la valeur du I^2t ;
- gS indique un élément de remplacement pour la protection des semiconducteurs et pour usage général pouvant couper toutes les surcharges, optimisé pour réduire la puissance dissipée.

Certains éléments de remplacement aR sont utilisés pour la protection des onduleurs à source de tension. Même si ce sont des éléments de remplacement aR ordinaires en courant alternatif, il faut qu'ils soient testés différemment sous des conditions de court-circuit VSI à courant continu. Pour cette raison, leur désignation reste « aR » mais il faut que leurs caractéristiques en courant continu soient clairement spécifiées « pour la protection des VSI » dans le catalogue du constructeur.

5.7.2 Pouvoir de coupure assigné

Un pouvoir de coupure égal ou supérieur à 50 kA en courant alternatif et à 8 kA en courant continu est recommandé.

En courant alternatif, le pouvoir de coupure assigné est basé sur des essais de type effectués dans un circuit d'impédance exclusivement linéaire sous une tension appliquée sinusoïdale constante de fréquence assignée.

En courant continu, le pouvoir de coupure assigné est basé sur des essais de type effectués dans un circuit d'inductance et de résistance exclusivement linéaires sous une tension appliquée moyenne.

Pour VSI le pouvoir de coupure assigné est basé sur les essais de type réalisés dans des circuits comportant de très faibles inductances et résistances sous tension continue ou de décharge de condensateurs.

NOTE Dans la pratique, l'adjonction d'impédances non linéaires et de composantes de tension unidirectionnelles peut influencer sensiblement sur les conditions de coupure, soit favorablement, soit défavorablement.

5.8 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé et I^2t

5.8.1 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé

Le constructeur doit fournir les caractéristiques d'amplitude du courant coupé qui doivent être représentées, suivant l'exemple donné à la Figure 4 de l'IEC 60269-1, en utilisant un graphique à double échelle logarithmique ayant le courant présumé pour abscisse et, si nécessaire, la tension appliquée et/ou la fréquence comme paramètre.

En courant alternatif, les caractéristiques d'amplitude du courant coupé doivent représenter les valeurs les plus élevées du courant susceptibles de se présenter en service. Elles doivent se rapporter à des conditions correspondant aux conditions d'essai énoncées dans la présente norme, par exemple à des valeurs données de la tension, de la fréquence et du