

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage fuses –
Part 2: Expulsion fuses**

**Fusibles à haute tension –
Partie 2: Coupe-circuit à expulsion**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60282-2

Edition 3.0 2008-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage fuses –
Part 2: Expulsion fuses**

**Fusibles à haute tension –
Partie 2: Coupe-circuit à expulsion**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 29.120.50

ISBN 2-8318-9739-4

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
3.1 Electrical characteristics.....	7
3.2 Fuses and their component parts (see Figure 1).....	9
3.3 Additional terms	11
4 Service conditions	12
4.1 Normal service conditions	12
4.2 Special service conditions	12
5 Classification and designation	12
5.1 Classification.....	12
5.2 Fuse-link speed designation	13
6 Ratings.....	13
6.1 General.....	13
6.2 Rated voltage	13
6.3 Rated current	14
6.4 Rated frequency.....	14
6.5 Rated breaking capacity	14
6.6 Rated insulation level (of a fuse or fuse-base).....	14
7 Standard conditions of use and behaviour	15
7.1 Standard conditions of use with respect to breaking capacity	15
7.2 Standard conditions of behaviour with respect to breaking capacity.....	15
7.3 Time-current characteristics	16
7.4 Temperature and temperature rise	16
7.5 Electromagnetic compatibility	17
7.6 Mechanical requirements (for distribution fuse-cutouts).....	17
8 Type tests	17
8.1 Conditions for performing the tests.....	17
8.2 List of type tests and test reports.....	17
8.3 Common test practices for all type tests	18
8.4 Dielectric tests	18
8.5 Temperature-rise tests	19
8.6 Breaking tests	20
8.7 Time-current characteristics tests.....	24
8.8 Mechanical tests (for distribution fuse-cutouts).....	25
8.9 Artificial pollution tests	25
9 Special tests.....	26
9.1 General.....	26
9.2 Lightning surge impulse withstand test	26
10 Acceptance tests	27
11 Markings and information	27
11.1 Identifying markings	27
11.2 Information to be given by the manufacturer.....	27
12 Application guide.....	27

12.1 Object	27
12.2 General	28
12.3 Application	28
12.4 Operation	30
12.5 Information about special requirements not covered by this standard	30
Annex A (informative) Reasons for the selection of breaking-test values	48
Annex B (informative) Typical dimensions for fuse-links having an inner arc-quenching tube and used in distribution fuse-cutouts and open-link cutouts	50
Annex C (informative) Operating rods for fuses	52
Bibliography	53
Figure 1 – Terminology for expulsion fuses	42
Figure 2 – Diagram of connections of a three-pole fuse	43
Figure 3 – Typical diagrams for breaking tests	44
Figure 4 – Breaking-test arrangement of the equipment	45
Figure 5 – Breaking-test interpretation of oscillograms	46
Figure 6 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line	47
Figure 7 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test	47
Figure B.1 – Typical dimensions for fuse-links having an inner arc-quenching tube, and used in distribution fuse-cutouts and open-link cutouts	51
Table 1 – Altitude correction factors for insulation levels	30
Table 2 – Altitude correction factors for temperature rise	30
Table 3 – Rated voltages	31
Table 4 – Rated insulation levels (Series I)	32
Table 5 – Rated insulation levels (Series II)	33
Table 6 – Test parameters	34
Table 7 – Values of circuit-power factor for test duty 4	35
Table 8 – Standardized values of transient recovery voltage for test duties 1, 2, 3 and 4 – Class A fuses – Representation by two parameters – Tests at rated voltage	36
Table 9 – Standardized values of transient recovery voltage for test duties 1, 2, 3 and 4 – Class B fuses – Representation by two parameters – Tests at rated voltage	37
Table 10 – Limit values for pre-arcing time-current characteristics – Fuse-links designated type K	38
Table 11 – Limit values for pre-arcing time-current characteristics – Fuse-links designated type T	39
Table 12 – Temperature and temperature-rise limit values of parts and materials	40
Table 13 – Dielectric tests (where the terminal opposite the energized terminal is earthed when testing the base with the fuse-link removed)	41
Table 14 – Size of the conductors for the temperature-rise tests	41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE FUSES –**Part 2: Expulsion fuses****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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60282-2 has been prepared by subcommittee 32A: High-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1995, and constitutes a technical revision.

The main changes with regard to the previous edition concern the following:

- Class C has been eliminated;
- TRV values have been reviewed and, where appropriate, harmonized with IEC 62271-100:2001, its amendment 1 (2002) and amendment 2 (2006);
- tests for non-ceramic insulators have been included;
- a lightning surge impulse withstand test for fuse-links has been included;
- an homogeneous series has been redefined.

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

FDIS	Report on voting
32A/261/FDIS	32A/264/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

A list of all the parts in the IEC 60282 series, under the general title *High-voltage fuses*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

HIGH-VOLTAGE FUSES –

Part 2: Expulsion fuses

1 Scope

This part of IEC 60282 specifies requirements for expulsion fuses designed for use outdoors or indoors on alternating current systems of 50 Hz and 60 Hz, and of rated voltages exceeding 1 000 V.

Expulsion fuses are fuses in which the arc is extinguished by the expulsion effects of the gases produced by the arc.

Expulsion fuses are classified according to the TRV (transient recovery voltage) capability in classes A and B.

This standard covers only the performance of fuses, each one comprising a specified combination of fuse-base, fuse-carrier and fuse-link which have been tested in accordance with this standard; successful performance of other combinations cannot be implied from this standard.

This standard may also be used for non-expulsion fuses in which the interruption process waits for natural current zero to clear the circuit.

NOTE 1 See Clause 5 and Clause 12 for specific information regarding the selection of fuse class.

NOTE 2 Fuses required for the protection of capacitors and for transformer circuit applications are subject to additional requirements (see IEC 60549 [1]¹ or IEC 60787 [2]).

NOTE 3 This standard does not cover load-switching nor fault-making capabilities. Information regarding requirements related to switching capabilities may be found in IEC 60265-1 [3].

NOTE 4 This standard does not cover aspects related to the level of noise, nor the emission of hot gases inherent to some types of expulsion fuses during the process of interruption of fault currents.

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 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:2006, *Insulation coordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60694:1996, *Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards*²

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2001)

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60898-1:2002, *Electric accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 61109:1992, *Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

¹ References in square brackets refer to the bibliography.

² IEC 60694, together with its 2 amendments, have since been withdrawn and replaced by IEC 62271-1:2007[4].

IEC 61952:2002, *Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for alternative current with a nominal voltage > 1 000 V*

IEC 62271-100:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers*

Amendment 1 (2002)

Amendment 2 (2006)

3 Terms and definitions

For the purposes of this document the following terms and definitions apply.

NOTE Certain terms, are taken from IEC 60050-151 [5]³ and IEC 60050- 441 [6], as indicated by the reference numbers in brackets.

3.1 Electrical characteristics

3.1.1

rated value

quantity value assigned, generally by the manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment

[IEV 151-04-03,modified]

NOTE Examples of rated values usually stated for fuses: voltage, current, breaking capacity.

[IEV 441-18-35]

3.1.2

rating

set of rated values and operating conditions

[IEV 151-04-04]

[IEV 441-18-36]

3.1.3

prospective current (of a circuit and with respect to a fuse)

current that would flow in the circuit if each pole of the switching device or the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

NOTE The method to be used to evaluate and to express the prospective current is to be specified in the relevant publications.

[IEV 441-17-01]

3.1.4

prospective peak current

peak value of a prospective current during the transient period following initiation

NOTE The definition assumes that the current is made by an ideal switching device, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, e.g. polyphase circuits, it further assumes that the current is made simultaneously in all poles, even if only the current in one pole is considered.

[IEV 441-17-02]

3.1.5

prospective breaking current

prospective current evaluated at a time corresponding to the instant of the initiation of the breaking process

³ The terms cited from IEC 60050-151 are from the first edition (1978). A second edition which cancels and replaces the first edition, was published in 2001.

NOTE Specifications concerning the instant of the initiation of the breaking process are to be found in the relevant publications. For mechanical switching devices or fuses, it is usually defined as the moment of initiation of the arc during the breaking process.

[IEV 441-17-06]

3.1.6

breaking capacity

value of prospective current that a switching device or a fuse is capable of breaking at stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

NOTE 1 The voltage to be stated and the conditions to be prescribed are dealt with in the relevant publications.

NOTE 2 For switching devices, the breaking capacity may be termed according to the kind of current included in the prescribed conditions, e.g. line-charging breaking capacity, cable charging breaking capacity, single capacitor bank breaking capacity, etc.

[IEV 441-17-08]

3.1.7

pre-arcing time

melting time

interval of time between the beginning of a current large enough to cause a break in the fuse-element(s) and the instant when an arc is initiated

[IEV 441-18-21]

3.1.8

arcing time

interval of time between the instant of the initiation of the arc in a pole or a fuse and the instant of final arc extinction in that pole or that fuse

[IEV 441-17-37]

3.1.9

operating time

total clearing time

sum of the pre-arcing time and the arcing time

[IEV 441-18-22]

3.1.10

Joule integral

I^2t

integral of the square of the current over a given time interval: $I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$

NOTE 1 The pre-arcing I^2t is the I^2t integral extended over the pre-arcing time of the fuse.

NOTE 2 The operating I^2t is the I^2t integral extended over the operating time of the fuse.

NOTE 3 The energy in joules liberated in 1 Ω of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the numerical value of the operating I^2t expressed in A².s.

[IEV 441-18-23]

3.1.11

virtual time

value of the Joule integral divided by the square of the value of the prospective current

NOTE The values of virtual times usually stated for a fuse-link in the scope of this standard are the values of the pre-arcing time.

3.1.12

time-current characteristic

curve giving the time, e.g. pre-arcing time or operating time, as a function of the prospective current under stated conditions of operation

[IEV 441-17-13]

3.1.13**recovery voltage**

voltage which appears across the terminals of a pole of a switching device or a fuse after the breaking of the current

NOTE This voltage may be considered in two successive intervals of time, one during which a transient voltage exists, followed by a second one during which the power frequency or the steady-state recovery voltage alone exists.

[IEV 441-17-25]

3.1.14**transient recovery voltage****TRV**

recovery voltage during the time in which it has a significant transient character

NOTE 1 The transient recovery voltage may be oscillatory or non-oscillatory or a combination of these depending on the characteristics of the circuit and the switching device. It includes the voltage shift of the neutral of a polyphase circuit.

NOTE 2 The transient recovery voltages in three-phase circuits is, unless otherwise stated, that across the first pole to clear, because this voltage is generally higher than that which appears across each of the other two poles.

[IEV 441-17-26]

3.1.15**power-frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[IEV 441-17-27]

3.1.16**prospective transient recovery voltage (of a circuit)**

the transient recovery voltage following the breaking of the prospective symmetrical current by an ideal switching device

NOTE The definition assumes that the switching device or the fuse, for which the prospective transient recovery voltage is sought, is replaced by an ideal switching device, i.e. having instantaneous transition from zero to infinite impedance at the very instant of zero current, i.e. at the "natural" zero. For circuits where the current can follow several different paths, e.g. a polyphase circuit, the definition further assumes that the breaking of the current by the ideal switching device takes place only in the pole considered.

[IEV 441-17-29]

3.2 Fuses and their component parts (see Figure 1)**3.2.1****fuse**

device that by the fusing of one or more of its specially designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time. The fuse comprises all the parts that form the complete device

[IEV 441-18-01]

3.2.2**terminal (as a component)**

conductive part of a device, electric circuit or electric network, provided for connecting that device, electric circuit or electric network to one or more external conductors

NOTE The term "terminal" is also used for a connection point in circuit theory

[IEV 151-12-12]

3.2.3

fuse-base

fuse-mount

fixed part of a fuse provided with contacts and terminals

[IEV 441-18-02]

3.2.4

fuse-base contact

contact piece of a fuse-base designed to engage with a corresponding part of the fuse

[IEV 441-18-03]

3.2.5

fuse-carrier

movable part of a fuse designed to carry a fuse-link

[IEV 441-18-13]

3.2.6

fuse-carrier contact

contact piece of a fuse-carrier designed to engage with a corresponding part of the fuse

[IEV 441-18-05]

3.2.7

fuse-holder

combination of a fuse-base with its fuse-carrier

[IEV 441-18-14]

3.2.8

fuse-link

part of a fuse (including the fuse-element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated

[IEV 441-18-09]

3.2.9

fuse-link contact

contact piece of a fuse-link designed to engage with a corresponding part of the fuse

[IEV 441-18-04]

3.2.10

fuse-element

part of the fuse-link designed to melt under the action of current exceeding some definite value for a definite period of time

[IEV 441-18-08]

3.2.11

renewable fuse-link

fuse-link that, after operation, may be restored for service by a refill-unit

[IEV 441-18-16]

3.2.12

refill unit

set of replacement parts intended to restore a fuse-link to its original condition after an operation

[IEV 441-18-15]

3.3 Additional terms

3.3.1

expulsion fuse

fuse in which operation is accomplished by expulsion of gases produced by the arc

[IEV 441-18-11]

3.3.2

drop-out fuses

fuse in which the fuse-carrier automatically drops into a position providing an isolating distance after the fuse has operated

[IEV 441-18-07]

3.3.3

homogeneous series (of fuse-link)

series of fuse-links, deviating from each other only in such characteristics that, for a given test, the testing of one or a reduced number of particular fuse-link(s) of that series may be taken as representative for all the fuse-links of the homogeneous series.

NOTE The relevant publications specify the characteristics by which the fuse-links of a homogeneous series may deviate, the particular fuse-links to be tested and the specific test concerned.

[IEV 441-18-34]

NOTE See also 8.6.1.2, 8.6.1.4 and 8.6.3.1.

3.3.4

isolating distance (for a fuse)

shortest distance between the fuse-base contacts or any conductive parts connected thereto, measured on a fuse:

- a) for a drop-out fuse, with the fuse-carrier in drop-out position;
- b) for fuses that are not drop-out fuses, with the fuse-link or the renewable fuse-link removed.

[IEV 441-18-06, modified]

3.3.5

speed designation of fuse-links (for expulsion fuses)

designation, expressed by letters such as K or T associated with the ratio between the values of the pre-arcing currents at two specified values of pre-arcing times

NOTE 1 K or T are letters typically used for speed designation.

NOTE 2 Pre-arcing times are usually declared for 0,1 s and 300 s (or 600 s).

NOTE 3 Fuse-links are typically designated by their rated current followed by their speed designation, e.g. a 125 K fuse-link is a 125 A rated fuse-link of speed designation type K.

3.3.6

interchangeability of fuse-links

compatibility of dimensions and pre-arcing time-current characteristics between different manufacturer's expulsion fuse-links, permitting use of such fuse-links in fuse-carriers of alternative manufacturers, without significant alteration of the pre-arcing time-current characteristics

NOTE It should be noted that the protective and interrupting performance provided by the combination of the selected fuse-link and the selected fuse-carrier can only be assured by performance test on the specific combination.

3.3.7

distribution fuse-cutout

drop-out fuse comprising a fuse-base, a fuse-carrier lined with arc-quenching material, and a fuse-link having a flexible tail, and a small diameter arc-quenching tube surrounding the fuse-element

3.3.8**open-link cutout**

expulsion-fuse that does not employ a fuse-carrier and, in which the fuse-base directly receives an open-link fuse-link or a disconnecting blade

3.3.9**open-link fuse-link**

replaceable part or assembly comprising the fuse-element and fuse tube, together with the parts necessary to confine and aid in extinguishing the arc and the parts to connect it directly into the fuse clips of the open-link cutout fuse-base

4 Service conditions**4.1 Normal service conditions**

Fuses complying with this standard are designed to be used under the following conditions:

- a) The maximum ambient air temperature is 40 °C and its mean measured over a period of 24 h does not exceed 35 °C. The total solar radiation does not exceed 1 kW/m²:
 - for indoor installations, the preferred values of minimum ambient air temperature are –5 °C, –15 °C and –25 °C;
 - for outdoor installations, the preferred values of minimum ambient air temperature are –10 °C, –25 °C, –30 °C and –40 °C.

NOTE 1 Attention is drawn to the fact that the time-current characteristics may be influenced by changes in ambient temperature.

- b) The pollution level as classified in Clause 3 of IEC 60815 does not exceed the pollution level II – Medium according to Table 1 of IEC 60815.
- c) For indoor installations, only normal condensation is present.
- d) For outdoor installations, the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed).
- e) The altitude does not exceed 1 000 m.

NOTE 2 When fuses are required for use above 1 000 m, the rated insulation levels to be specified should be determined by multiplying the standard insulation levels given in Tables 4 and 5 by the appropriate correction factors given in Table 1, or reducing overvoltages by using appropriate overvoltage limiting devices.

NOTE 3 The rated current of the equipment or the temperature rise specified in Table 12 can be corrected for altitudes exceeding 1 000 m by using appropriate factors given in Table 2, columns 2 and 3 respectively. Use one correction factor from columns 2 or 3, but not both for any one application.

4.2 Special service conditions

By agreement between manufacturer and user, high-voltage fuses may be used under conditions different from the conditions given in 4.1.

For any special service condition, the manufacturer shall be consulted.

5 Classification and designation**5.1 Classification**

For a given rating, two classes of expulsion fuses are defined according to their ability to comply with the TRV requirements of the following tables for test duties 1, 2, 3 and 4 (see Annex A for guidance on correct application):

- a) Class A – Table 8;
- b) Class B – Table 9.

NOTE 1 These classes are approximately in line with the TRV requirements in the following standards:

- Class A: IEC 60282-2 (1970) [7]⁴: (Class 2 fuses), and IEEE C37.41 (distribution class fuse-cutouts) [8];

⁴ First edition now withdrawn and replaced by more recent editions.

- Class B: IEC 60282-2 (1970): (Class 1 fuses), and IEEE C37.41 (power class fuses).

NOTE 2 Parameters used to define TRV are described in Figures 6 and 7.

5.2 Fuse-link speed designation

Certain types of fuse-link are designated as, e.g. "type T" or "type K", according to their compliance with specific pre-arcing time-current characteristics.

Such designation may assist in allowing interchangeability (see 3.3.8) between alternative manufacturer's fuse-links for use in distribution fuse-cutouts.

- a) Designation type K: high-speed fuse-links with pre-arcing time-current characteristics in accordance with Table 10.
- b) Designation type T: low-speed fuse-links with pre-arcing time-current characteristics in accordance with Table 11.

6 Ratings

6.1 General

The ratings of the fuse and its classification according to 5.1 are based on the defined working conditions for which it is designed and constructed. These ratings are as follows:

- a) Fuse (complete)
 - Rated voltage (see 6.2);
 - Rated current (see 6.3);
 - Rated frequency (see 6.4);
 - Rated breaking capacity (see 6.5);
 - Rated insulation level (see 6.6).
- b) Fuse-base
 - Rated voltage (see 6.2);
 - Rated current (see 6.3);
 - Rated insulation level (see 6.6).
- c) Fuse-carrier
 - Rated voltage (see 6.2);
 - Rated current (see 6.3);
 - Rated frequency (see 6.4);
 - Rated breaking capacity (see 6.5).
- d) Fuse-link
 - Rated voltage (see 6.2);
 - Rated current (see 6.3).

6.2 Rated voltage

A voltage used in the designation of the fuse, fuse-base, fuse-carrier, or fuse-link from which the test conditions are determined.

The rated voltage shall be selected from the voltages given in Table 3.

NOTE This rated voltage is equal to the highest voltage for the equipment.

Two series of highest voltages for equipment are given in Table 3; one for 50 Hz and 60 Hz systems (series I), and the other for 60 Hz systems (series II – North American practice). It is recommended that only one of these series should be used in any one country.

6.3 Rated current

6.3.1 General

The rated current shall be the current used in the designation of the fuse, fuse-base, fuse-carrier, or fuse-link from which the test conditions are determined.

The rated current should be selected from the R10 series.

NOTE The R10 series comprise the numbers: 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their multiples of 10ⁿ.

6.3.2 Fuse (complete)

The rated current of the fuse shall be equal to the rated current of the fuse-link included therein.

6.3.3 Fuse-base

The rated current assigned to a fuse-base shall be the maximum current that a new clean fuse-base will carry continuously, without exceeding specified temperatures and temperature rises, when equipped with a fuse-carrier and a fuse-link of the same current rating designed to be used in the particular fuse-base, and connected to the circuit with certain specified conductor sizes and lengths, at an ambient temperature of not more than 40 °C.

The preferred values of the rated current of the fuse-base are

50 – 100 – 200 – 315 – 400 – 630 A.

6.3.4 Fuse-carrier

The rated current assigned to a fuse-carrier shall be the maximum current that a new fuse-carrier, fitted with a fuse-link of the same rated current, will carry continuously, without exceeding specified temperatures and temperature rises, when mounted on a fuse-base specified by the manufacturer at an ambient temperature of not more than 40 °C.

6.3.5 Fuse-link

The rated current assigned to a fuse-link shall be the maximum current that a new fuse-link will carry continuously, without exceeding specified temperatures and temperature rises, when mounted on a fuse-base and, if applicable, within a fuse-carrier specified by the manufacturer, at ambient temperature of not more than 40 °C.

The following ratings for fuse-links designated type K and type T are recommended:

- preferred ratings (in amperes): 6,3 – 10 – 16 – 25 – 40 – 63 – 100 – 160 – 200;
- intermediate ratings (in amperes): 8 – 12,5 – 20 – 31,5 – 50 – 80.

NOTE In some countries, values of 1 – 2 – 3 – 6 – 12 – 15 – 30 – 65 and 140 A are also used.

6.4 Rated frequency

The rated frequency shall be the power frequency for which the fuse has been designed and to which the values of other characteristics correspond.

Standardized values of rated frequency are 50 Hz, 50/60 Hz and 60 Hz.

6.5 Rated breaking capacity

The rated breaking capacity assigned to a fuse and a fuse-carrier shall be the maximum breaking current in kiloamperes r.m.s. symmetrical specified when tested in accordance with this standard.

6.6 Rated insulation level (of a fuse or fuse-base)

The rated insulation level shall be selected from the values of voltage (both power-frequency and impulse) given in Tables 4 and 5.

In these tables, the withstand voltage applies at the standardized reference atmosphere, temperature (20 °C), pressure (101,3kPa) and humidity (11 g/m³), specified in IEC 60071-1.

NOTE Two levels of dielectric withstand are recognized for a fuse-base according to IEC practices. These are termed "List 1" and "List 2", and relate to different severities of application, and corresponding different values of test voltages for the dielectric tests. See IEC 60071-2 [9].

The rated withstand voltage values for lightning impulse voltage (U_p) and power-frequency voltage (U_d) shall be selected without crossing the horizontal marked lines. The rated insulation level of a fuse or a fuse-base is specified by the rated lightning impulse withstand voltage phase to earth, according to Tables 4 or 5.

The withstand values "across the isolating distance" are valid only for fuse-bases where the clearance between open contacts is designed to meet the safety requirements specified for disconnectors.

Rated insulation levels may also be selected from values higher than those corresponding to the rated voltage of the fuse or fuse-base.

It shall be stated whether the fuse-cutout is suitable for indoor and/or outdoor service.

7 Standard conditions of use and behaviour

7.1 Standard conditions of use with respect to breaking capacity

Fuses shall be capable of breaking correctly any value of prospective current, irrespective of the possible d.c. component, provided that:

- the a.c. component is not higher than the rated breaking capacity;
- the prospective transient recovery voltage and its rate of rise are not higher than those specified in Tables 8 and 9 for the relevant classes A and B;
- the power-frequency recovery voltage is not higher than that specified in Table 6 (for special conditions, see 12.3.3 and 12.3.4);
- the frequency is between 48 Hz and 62 Hz for fuses rated 50 Hz and 50/60 Hz, and between 58 Hz and 62 Hz for fuses rated 60 Hz;
- the power factor is not lower than that specified in Tables 6 and 7.

When used in systems with voltages less than the rated voltage of the fuse, the breaking capacity in kiloamperes is not less than the rated breaking capacity.

7.2 Standard conditions of behaviour with respect to breaking capacity

According to the conditions of use indicated in 7.1, the behaviour of the fuse shall be as follows:

- a) Flashovers shall not occur during operation. It is the responsibility of the fuse manufacturer to include, in the documentation and on the packaging, a warning that there is a possibility of expulsion of hot gases and particles during fuse operation.
- b) After the fuse has operated, the components of the fuse, apart from those intended to be replaced after each operation, shall be in substantially the same condition as before operation. In the case of expulsion fuses, exception is made for the erosion of the bore of the fuse-carrier. The fuse, after renewal of the components intended to be replaced after each operation, shall be capable of carrying its rated current at rated voltage. Any mechanical damage after the operation shall not be such as to impair drop-out action (when applicable), nor the ability to easily remove and replace the fuse-carrier.

However, it is permissible for the components designed to secure the fuse-link in renewable fuses to be slightly damaged, provided that such damage is not likely to prevent the replacement of the melted fuse-element, to decrease the breaking capacity of the fuse, to modify its operating characteristics or to increase its temperature rise in normal service. Such damage is normally verified by visual inspection of the fuse.

- c) After operation, the dielectric withstand of the fuse across its terminals may be limited to the power-frequency recovery voltage (see Clause 12).
- d) During the operation of a drop-out fuse, small points of arc erosion at the upper contact may occur, mainly at low levels of interrupting current and are acceptable.

- e) The pre-arcing time shall be inside the limits of the time-current characteristic supplied by the manufacturer.

7.3 Time-current characteristics

7.3.1 General

The time-current characteristics of fuse-links are based on applying current to a new and unloaded fuse-link in a fuse-base specified by the manufacturer.

Unless otherwise specified, the time-current characteristics shall be deemed to apply at an ambient air temperature of 20 °C.

The manufacturer shall make available curves from the values determined by the time-current characteristic type tests specified in 8.7.

The time-current characteristics shall be presented with current as abscissa and time as ordinate.

Logarithmic scales shall be used on both co-ordinate axes.

The basis of the logarithmic scales (the dimensions of one decade) shall be in the ratio 2:1 with the longer dimension on the abscissa. However, a ratio of 1:1 (5,6 cm) (North American practice) is also recognized.

When the ratio of 2:1 is used, representation shall be on size A3 or A4 paper. If the ratio 1:1 is used, representation may be on paper in accordance with North American practice.

The dimensions of the decades shall be selected from the following series:

$$\begin{array}{c} 2 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - 8 \text{ cm} - 16 \text{ cm} \\ \text{and} \\ \underline{2,8 \text{ cm}} - \underline{5,6 \text{ cm}} - 11,2 \text{ cm} \end{array}$$

NOTE It is recommended to use wherever possible the underlined values.

The curves shall show:

- the pre-arcing time or the operating time;
- the relation between the time and the r.m.s. symmetrical prospective current for the time range, at least, 0,01 s to 300 s or 600 s as appropriate to the fuse-link rated current;
- the type and rating and speed designation of the fuse-link to which the curve applies;
- if the curve represents minimum values of time and current, the actual points established by tests shall lie within a distance corresponding to 0–20 % on the current scale to the right of the curve. If the curve represents average values of time and current, the actual points established by tests shall lie within a distance corresponding to 10 % on the current scale on either side of the curve. Tolerances apply in range 0,01 s to 300 s or 600 s, as appropriate to the fuse-link rated current.

7.3.2 Pre-arcing time-current characteristics for fuse-links designated type K and type T

The maximum and minimum pre-arcing time-current characteristics supplied by the manufacturer shall lie within the zones given in Tables 10 and 11.

7.4 Temperature and temperature rise

The fuse-base, fuse-carrier and fuse-link shall carry their rated currents continuously without exceeding temperature and temperature-rise limits specified in Table 12. These limits shall not be exceeded, even when the rated current of the fuse-link is equal to the rated current of the fuse-carrier intended to accommodate this fuse-link.

Fuse-link parts for which temperatures can not be easily measured during tests (for example the small arc-quenching tube of distribution fuse-cutouts), shall be checked by visual examination for deterioration.

7.5 Electromagnetic compatibility

Fuses within the scope of this standard are not sensitive to electromagnetic disturbances, and therefore no immunity tests are necessary. Any electromagnetic disturbance which may be generated by a fuse is limited to either radio interference or switching voltage. The former is deemed to be negligible in fuses of rated voltage below 123 kV. The latter is limited to the instant of operation of the fuse, and, with fuses other than current-limiting fuses, there is little significant overvoltage during operation; therefore no emission tests are deemed to be necessary. For fuses rated 123 kV and above, requirements for radio interference voltage specified in IEC 60694 apply.

7.6 Mechanical requirements (for distribution fuse-cutouts)

7.6.1 Fuse-bases and fuse-carriers

When tested according to 8.8.1, the fuse shall be capable of remaining in an operable condition.

7.6.2 Fuse-links

7.6.2.1 Static strength

When tested according to 8.8.2.1, fuse-links shall be capable of withstanding the specified tensile strength without change in the mechanical and electrical characteristics.

7.6.2.2 Dynamic strength

When tested according to 8.8.2.2, fuse-links shall be capable of withstanding 20 operations without change in the mechanical and electrical characteristics.

8 Type tests

8.1 Conditions for performing the tests

Type tests are tests made to check whether a type of particular design of fuse corresponds to the characteristics specified, and operates satisfactorily under normal operating conditions, or under special specified conditions. Type tests are made on samples to check the specified characteristics of all fuses of the same type.

These tests shall be repeated if the construction is changed in a way which might modify the performance. For example, if a non-ceramic insulator is substituted for a ceramic insulator, dielectric, breaking, RIV, mechanical and artificial pollution tests shall be repeated.

For convenience of testing, and with the previous consent of the manufacturer, the values prescribed for the tests, particularly the tolerances, can be so changed as to make the test conditions more severe. Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values not less severe than the specified values. The upper limits are subject to the consent of the manufacturer. Type tests at values above assigned ratings are not required.

If conformance tests are made with conditions which are more severe than those obtained during the original type-tests, the responsibility of the manufacturer shall be limited to the rated values.

8.2 List of type tests and test reports

8.2.1 List of type tests

The type tests to be conducted, in any order, upon completion of a design, or following a change that affects the performance, are the following:

- dielectric tests;
- temperature-rise tests;
- breaking tests;

- tests for time/current characteristics;
- radio-interference tests (for fuses rated 123 kV and above);
- mechanical tests (for fuse-bases and fuse-links);
- artificial pollution tests where applicable.

8.2.2 Test reports

The results of all type tests shall be recorded in test reports containing the data necessary to prove compliance with this standard.

The reports shall record the manufacturer's name, type reference(s) of the fuse base, fuse-carrier, and fuse-link, and any specified details that may affect the performance of the fuse. Such data shall be sufficient to enable unambiguous identification and assembly of the fuse by the test laboratory.

Details of the test arrangements, including positions of any metalwork, shall also be recorded.

When the test reports do not include all five test duties for a given fuse type, this shall be clearly stated in the front of the report.

8.3 Common test practices for all type tests

8.3.1 Condition of device to be tested

The device shall be new, clean, and in good condition. It shall be assembled in accordance with the manufacturer's instructions which shall be recorded.

8.3.2 Mounting of fuse

The fuse to be tested shall be mounted in conditions as close as possible to the normal service conditions, or to conditions indicated in the manufacturer's written instructions, in the normal service position for which it is designed, with the mounting metal parts earthed. The connections shall be so positioned that the normal electrical clearances are not reduced.

8.4 Dielectric tests

8.4.1 Test practices

Dielectric test practices shall be as specified in 8.3, with the following additional requirements:

a) Mounting

For multi-pole arrangements of fuses, the spacing between poles shall be the minimum value specified by the manufacturer.

b) Connections

Electrical connections shall be made by means of bare conductors connected to each terminal. These conductors shall project from the terminals of the fuse in substantially a straight vertical line for an unsupported distance of at least the isolating distance of the fuse.

8.4.2 Application of test voltage for impulse and power-frequency tests

With reference to Figure 2, which shows a diagram of connection of a three-pole arrangement of fuses, the test voltage specified in Tables 4 or 5 shall be applied according to Table 13:

a) At the rated withstand voltage to earth and between poles:

- between the terminals and all earthed metal parts with the fuse-link and its fuse-carrier completely assembled and ready for service in the "closed" position. Conditions 1 to 3 in Table 13 are applicable;
- between each terminal and all earthed metal parts with the fuse-link fitted and fuse-carrier in the "open" position. Conditions 4 to 9 in Table 13 are applicable.

b) Between terminals at the rated withstand voltage across the isolating distance:

- for drop-out fuse, the fuse-carrier shall be in the "drop-out" position;

- for other types, the fuse-carrier shall be removed from the base.

Conditions 4 to 9 in Table 13 are applicable.

For single-pole and double-pole fuses, consider only the applicable symbols in Figure 2 and Table 13 and disregard the others.

8.4.3 Test voltages

The test voltages to be used shall be the applicable ones given in Tables 4 and 5, corrected for atmospheric conditions according to IEC 60060-1.

8.4.4 Lightning impulse voltage dry tests

Fuses shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests.

The tests shall be performed with voltages of both positive and negative polarity, using the standard lightning impulse 1,2/50 μ s, in accordance with IEC 60060-1.

One of the following procedures according to Clause 20 of IEC 60060-1 can be followed:

- procedure B with 15 consecutive impulses for each test condition and each polarity; or
- procedure C with three consecutive impulses for each test condition and each polarity.

The fuse shall be considered to have passed the test successfully if the requirements specified in IEC 60060-1 for the number of disruptive discharges are met.

8.4.5 Power-frequency voltage dry tests

Fuses shall be subjected to 1 min power-frequency voltage dry tests, as specified in IEC 60060-1.

If flashover or puncture occurs, the fuse shall be considered to have failed the test.

8.4.6 Power-frequency voltage wet tests

Outdoor type fuses shall be subjected to power-frequency voltage wet tests under the same conditions as specified in 8.4.5 and IEC 60060-1. Test duration shall be as specified in Tables 4 or 5.

8.4.7 Radio interference voltage test for fuses rated 123 kV and above

The test shall be made in accordance with IEC 60694.

8.5 Temperature-rise tests

8.5.1 Test practices

Temperature-rise tests shall be carried out as specified in 8.3 on one single-pole fuse, with the test current equal to the rated current of the fuse-base or fuse-carrier, and with the following additional requirements.

The tests shall be carried out with the fuse-link of the largest current rating, i.e. of the same rating as the fuse-carrier.

8.5.2 Arrangement of the equipment

The test shall be made in a closed room, substantially free from air currents, except those generated by heat from the device being tested.

The fuse shall be mounted in the most unfavourable position within the directions specified by the manufacturer, and connected to the test circuit by bare copper conductors as follows:

- each conductor shall be approximately 1 m long, mounted in a plane parallel to the mounting surface of the fuse, but they may be in any direction in this plane. The sizes of the leads are given in Table 14.
- Normal clearances need not be provided.

Tests shall be made at a frequency between 48 Hz and 62 Hz. Each test shall be made over a period of time sufficient for the temperature rise to reach a constant value (for practical purposes this condition is regarded as being obtained when the variation of temperature rise does not exceed 1 K/h).

8.5.3 Measurement of temperature and temperature rise

Precautions shall be taken to reduce the variations and the errors due to the time lag between the temperature of the fuse and the variations in the ambient air temperature.

The temperature of the various parts for which limits are specified shall be measured with thermocouples or thermometers of any suitable type, located and secured to provide good heat conduction at the hottest accessible point.

For measurement with thermometers or thermocouples, the following precautions shall be taken:

- a) the bulbs of the thermometers or the thermocouples shall be protected against cooling from outside (dry clean wool, etc.). The protected area shall, however, be negligible compared to the cooling area of the apparatus under test;
- b) good heat conductivity between the thermometer or thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured;
- c) when bulb thermometers are employed in places where there is a varying magnetic field, it is recommended to use alcohol thermometers in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

8.5.4 Ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the fuse (for the fuse in an enclosure, it is the air outside the enclosure). It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least three thermometers, thermocouples or other temperature detecting devices, equally distributed around the fuse at about the average height of its current-carrying parts at a distance of about 1 m from the fuse. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

In order to avoid indication errors due to rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be immersed in small oil-filled bottles with oil contents of about half a litre.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions of the test room, the temperature of an identical fuse under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature.

The ambient air temperature during tests shall be between 10 °C and 40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperature within this range.

8.6 Breaking tests

8.6.1 Test practices

8.6.1.1 General

Test practices shall be as specified in 8.3 and as follows:

8.6.1.2 Description of tests to be made

The breaking tests shall be made with single-phase alternating current.

Tests shall be made in accordance with Tables 6 to 9 where applicable, and shall include the following five test duties:

Test duty 1: Verification of the rated breaking capacity (I_1)

Test duties 2 and 3: Verification of breaking capacity in the following two ranges of fault currents (I_2 and I_3)

- Test duty 2 : from $0,6 I_1$ to $0,8 I_1$
- Test duty 3 : from $0,2 I_1$ to $0,3 I_1$

Test duties 4 and 5: Verification of breaking capacity when the fuse is required to operate at comparatively low fault currents (I_4 and I_5)

- Test duty 4: from 400 A to 500 A
- Test duty 5: from $2,7 I_r$ to $3,3 I_r$ with a minimum of 15 A
(I_r being the rated current of the fuse-link)

If the fuse is rated to be used only in three-phase circuits, test duty 1 may be replaced by:

- a test duty 1 at voltage 87 % U_r and current I_1 , and
- a test duty 1 at voltage U_r and current 87 % I_1 .

NOTE 87 % U_r represents phase-neutral voltage multiplied by a first phase to clear factor of 1,5. 87 % I_1 represents a phase-to-phase fault current cleared by one fuse, or the current broken by the second fuse to clear a three-phase unearthed fault.

It is not necessary to perform breaking tests on fuses fitted with fuse-links, or refill units of all current ratings of a homogeneous series. See 8.6.3.1 for the requirements to be met, and Table 6, where applicable, for the tests to be made.

8.6.1.3 Characteristics of test circuit

The circuit elements used to control the current and power factor shall be in series arrangement, as shown in Figure 3.

The test circuit power frequency shall be between 58 Hz and 62 Hz for fuses rated 60 Hz, and between 48 Hz, and 52 Hz for fuses rated 50 Hz or 50/60 Hz.

The characteristics of the test circuit are specified in Tables 6 to 9.

If the specified prospective TRV cannot be achieved with the conventional single-phase test circuit, earthed as shown in Figure 3, then the test laboratory may earth the circuit at whatever point is necessary to achieve the specified TRV. In all cases, the test laboratory shall record the actual test circuit, and if necessary, the justification for the earthing point.

8.6.1.4 Test samples

Fuse-links, refill units of the same manufacturer as that of the fuse-carrier, or as specified, shall be used in carrying out tests on fuses.

In performing tests on renewable fuses, only the fuse-link, refill unit, or other parts normally replaceable after operation shall be replaced. However, a new fuse-carrier or fuse-base may be used, as specified in Table 6, where appropriate.

Where the same fuse-carrier is to be used for tests on both the minimum and maximum rated currents of a homogeneous series (e.g. test duty 3), the order of the tests shall be from the lowest to the highest rated current of the series.

Any attachment intended for use with the fuse should be incorporated in the samples for test. Modification and/or addition of some attachments create new combinations that shall be subjected to a full test series. The following list gives some examples:

- pressure relief cap;
- optional exhaust-control device;
- arc-shortening rod for use with single-venting expulsion fuses.

8.6.1.5 Arrangement of the equipment

For test duties 1 and 2, the test connections shall be securely supported at a distance (d) from the fuse-base terminals, as shown in Figure 4, to prevent the movement of the test conductors causing excessive mechanical stresses in the fuse-base.

Fuses which emit ionized gases during operation (e.g. expulsion fuses), shall be mounted in such a manner that any nearby metalwork, at earthed or line potential, which may commonly be present under practical service conditions is simulated for the short-circuit tests, e.g. the other two fuses of a three-phase set.

When fuses are used in enclosures, the proper performance of the fuses within the enclosure and the structural integrity of the enclosure shall be verified. In these cases, three-phase short-circuit tests may be necessary.

8.6.2 Test procedure

8.6.2.1 Calibration of the test circuit

The fuse, or the fuse-link B under test shall be replaced by a link A of negligible impedance compared with that of the test circuit, as shown in Figure 3.

The circuit shall be adjusted to give the specified prospective current. This shall be verified by an oscillographic record.

8.6.2.2 Test method

The link A is removed, and replaced by the fuse, or the fuse-link B under test.

The making switch E is closed at such an instant as to provide the conditions specified in Table 6.

Methods of determining TRV parameters shall be in accordance with IEC 62271-100.

After the fuse has operated, the recovery voltage shall be maintained across the fuse for the periods specified in Table 6.

8.6.2.3 Interpretation of oscillograms (see Figure 5)

For test duties 1 to 4, the prospective breaking current shall be the r.m.s. value of the a.c. component of the current, measured one half-cycle after the initiation of short circuit in the calibration of the test circuit (see Figure 5a).

For test duty 5, the breaking current shall be the r.m.s. symmetrical current measured at the instant of the initiation of the arc in the breaking test (see Figure 5b).

The value of the power-frequency recovery voltage is measured between the peak of the second non-influenced half-wave, and the straight line drawn between the peaks of the preceding and following half-waves.

8.6.3 Breaking tests for fuses of a homogeneous series

8.6.3.1 Characteristics of a homogeneous series of distribution fuse-cutouts

Experience has shown that to test distribution fuse-cutouts using a homogeneous series, the homogeneous series is defined as follows:

- a) The minimum current rating of fuse-links for 50 A and 100 A rated expulsion fuses class A and B is a 6,3K fuse-link, and for 200 A rated devices it is a 125 K fuse-link.

NOTE In some countries 6,3 K and 125 K are not used and 6 K and 140 K fuse-links can be substituted.

- b) The maximum current rating of fuse-links for 50 A rated devices is a 50 T fuse-link, for 100 A rated devices it is a 100 T fuse-link, and for 200 A rated it is a 200 T fuse-link.

Types of fuse-links other than those meeting the K and T criteria are also suitable for use in a tested distribution fuse-cutout, provided they are produced by the same manufacturer, and the only difference between the tested K and T fuse-links and the other types being:

- 1) they use the same materials and construction;
- 2) the element mass is within the maximum and minimum fuse-links tested;
- 3) the flexible fuse-link tail diameter and number of strands is within that of the maximum and minimum fuse-links tested;

- 4) the element length is within 75 % of the shortest element length and 133 % of the longest element of the fuse-links tested;
- 5) the pre-arcing time-current characteristics lies to the left of the largest fuse-link tested.

If the distribution fuse-cutout manufacturer does not make K or T fuse-links, the distribution fuse-cutout can be qualified by using an alternate homogeneous series determined by the smallest size fuse-link and the largest size fuse-link of the links that they do manufacture. The fuse-links in this alternate homogeneous series shall meet all the conditions detailed above related to the minimum and maximum sizes of the fuse-links tested. If a distribution fuse-cutout manufacturer does not make any fuse-links, they shall use a single manufacturer's K and/or T fuse-links for all the required tests.

If any of these conditions are not met, then the fuse-link and cutout can be qualified together by following the rules in 8.6.3.2

8.6.3.2 Homogeneous series requirements

Fuse-links are considered as forming a homogeneous series when their characteristics comply with the following:

- a) Rated voltage, breaking capacity and frequency shall be the same.
- b) All materials, except for the fuse-element, shall be the same.
- c) All dimensions, except the cross-section and number of fuse-elements, shall be the same.
- d) The law governing any variation of the cross-section of individual fuse-elements along their length shall be the same.
- e) All variations in thickness, width, diameter and number of main fuse-elements shall be monotonous⁵⁾ with respect to the rated current.

When determining compliance with homogeneous series, the following may be ignored:

- i) Any strain wire connected in parallel with the fuse-element in order to relieve it of tensile strain.
- ii) The material and dimensions of the conductor(s) which complete the electric circuit between the terminals of a fuse-holder of a fuse, for example, the flexible tails of fuse-links used in certain types of expulsion fuses.
- iii) The length of the main fuse-elements provided that the variation in length is monotonous.
- iv) The material of the fuse-element provided that the material variation is within the same general category, for example tin and tin alloys, silver and silver alloys, copper and copper alloys.

For fuse-links used in distribution fuse-cutouts, the dimensions of the smaller diameter arc-quenching tube are excluded when determining homogeneity for test duties 1, 2 and 3 of Table 6.

8.6.3.3 Test requirements

In Tables 6 and 7, the test requirements are given for the minimum and maximum current ratings of a series of homogeneous design.

8.6.4 Interpretation of breaking-test results

If the results of tests made according to the Tables 6 to 9 meet the requirements of 7.2, any current rating of fuse-links within the homogeneous series shall be deemed to comply with the breaking requirements of this standard.

If a fuse-link does not perform satisfactorily according to 7.2 on one or more test duties, that fuse-link shall be rejected from the homogeneous series, but such failure does not necessarily entail the rejection of any other current rating.

⁵⁾ Monotonous function: a function continually varying in the same direction for a given direction of the variable.

Any failure to clear and, for drop-out fuses, any failure to drop out or move into the disconnected position, during any test, is a failure for test duties 1 to 5 for that rated current.

For TRV class A drop-out fuses, arcing times longer than 100 ms are considered to be a failure due to external arcing. For TRV class B, this time may be longer.

After the test, in case of doubt concerning the dielectric withstand of the fuse base across its terminals, a power-frequency voltage dry test with 80 % of the appropriate value given in Tables 4 or 5 may be made.

8.7 Time-current characteristics tests

8.7.1 Test practices

8.7.1.1 General

Time-current test practices shall be as specified in 8.3 and as follows:

8.7.1.2 Ambient air temperature

The time/current characteristics shall be verified at any ambient air temperature between 15 °C and 30 °C.

At the beginning of each test, the fuse shall be approximately at ambient air temperature.

8.7.1.3 Arrangement of the equipment

The tests shall be made on a single-pole fuse and with the same arrangement of the equipment as for the temperature-rise tests in 8.5.

8.7.2 Test procedure

8.7.2.1 Operating time-current tests

Operating time-current tests shall be performed at rated voltage under the test circuit conditions specified for breaking tests in 8.6.

Operating time-current curves shall represent maximum values determined by adding the pre-arcing time (at the current from the pre-arcing test) to its tolerance, plus the maximum arcing time. Maximum arcing time should be determined by the operating time-current tests specified in this subclause. If arcing time factors are used in place of tests at rated voltage, the method used in arriving at the operating time shall be made available.

8.7.2.2 Pre-arcing time-current tests

Pre-arcing time-current tests shall be made at any convenient voltage, with the test circuit so arranged that the current through the fuse is held to an essentially constant value.

Time-current data obtained from breaking tests may be used.

8.7.2.3 Time range

Tests shall be made in the time range of 0,01 s to 300 s or 600 s.

8.7.2.4 Measurement of current

The current through the fuse during time-current tests shall be measured by ammeter, oscillograph or other suitable instrument.

8.7.2.5 Determination of time

The determination of the time shall be made by any suitable means.

8.7.2.6 Test currents

For verification of the pre-arcing time-current characteristics, apply the minimum values of current from the curves supplied by the manufacturer for the times 0,1 s, 10 s and 300 s (or 600 s).

The current shall be applied during a time sufficient to melt the fuse-link, or in the case of 300 s (or 600 s) currents, for a time sufficient to permit the verification of the test results.

8.7.2.7 Test results

The pre-arcing times obtained shall lie within the limits of the curves and tolerances supplied by the manufacturer.

8.7.3 Verification of arcing and operating time

When necessary, for example in the interpretation of breaking-test results, arcing and total operating times shall be verified from the breaking-test oscillograms.

8.8 Mechanical tests (for distribution fuse-cutouts)

The tests shall be performed at a temperature between 10 °C and 40 °C.

8.8.1 Mechanical test of fuse-bases and fuse-carriers

Three fuses shall be closed and opened 200 times. The fuses shall be mounted and operated according to the manufacturer's specifications for normal handling. At the conclusion of the operations, all fuses shall be in an operable condition, with no cracks in the insulator(s), or loose hardware.

The fuse-carriers should contain fuse-links of high current rating, or dummy links, so that the fuse-links are not subjected to the same endurance test as the fuse-bases and fuse-carriers.

8.8.2 Mechanical tests of fuse-links

8.8.2.1 Static test

One fuse-link shall be tested in a mechanical apparatus in which it is possible to apply the specified axial tensile force of 60 N.

The force shall be applied gradually, with no precipitous action.

The fuse-link shall be considered to be approved if no damage such as rupture, loosening, slipping of connections, or elongation of components, is observed after a minimum time of 30 min after full load is applied.

8.8.2.2 Dynamic test

One fuse-link shall be installed in a fuse, which is mounted according to the manufacturer's specification for normal service.

The fuse shall be closed and opened 20 times and according to the manufacturer's instructions for operation.

After the operations, there shall be no damage such as rupture, elongation of components, loosening or slipping of connections as verified by visual inspection.

8.9 Artificial pollution tests

8.9.1 Ceramic insulators

For ceramic insulators artificial pollution tests shall be performed if the insulator does not meet the creepage distances specified in Clause 4 of IEC 60815. Such tests are subject to agreement between the manufacturer and the user.

8.9.2 Non-ceramic insulators

For fuse-bases that use non-ceramic post insulators, these insulators shall be tested according to IEC 61952. For fuse-bases that use suspension insulators, these insulators shall be tested according to IEC 61109. For fuse-bases that use insulators that are not covered by these standards, such as certain distribution fuse-cutouts, tests requirements are subject to agreement between the manufacturer and user.

9 Special tests

9.1 General

Special tests are made to check whether a type or particular design of fuse corresponds to the characteristics specified and behaves satisfactorily under special specified conditions. They are made on samples to check the specified characteristics of all fuses of the same type.

These tests shall be repeated only if the construction is changed in a way that might modify its behaviour.

For convenience of testing, and with the previous consent of the manufacturer, the values prescribed for the tests, particularly the tolerances, can be changed so as to make the test conditions more severe.

The following tests are to be made after agreement between manufacturer and user for certain types of fuses or for special applications.

The results of all tests shall be recorded in test reports containing the data necessary to prove compliance with this standard.

Unless otherwise specified, the tests shall be made according to the test practices specified in 9.2.

9.2 Lightning surge impulse withstand test

9.2.1 General

This test is intended to check the withstand, of a particular design of fuse-link, to a specific lightning surge impulse current.

Fuse-links subjected to this test are intended to be used in areas where the architecture of the network allows surge arrester discharges to pass through a fuse-link, and it is desired to minimize the number of fuse-link operations caused by these currents.

9.2.2 Test sample

The test sample is a fuse-link, representative of its type. A fuse-link of each rated current shall be tested unless the manufacturer can show that all the fuse-links, of the type intended to be qualified, have a higher pre-arcing I^2t than the current rating tested.

9.2.3 Arrangement of the equipment

The tests shall be made on a single-pole fuse and with the same arrangement of the equipment as for the temperature-rise tests in 8.5.

9.2.4 Test procedure

Three test samples shall be subjected to a single standard current impulse, 8/20 type, according IEC 60060-1 with a peak value of 15 kA.

9.2.5 Acceptance criteria

Following the tests specified in 9.2.4, a fuse-link is qualified as lightning surge impulse resistant if the following criteria are met:

- a) the mechanical strength of the fuse-link is according to 7.6.2.1, static strength;
- b) the electrical resistance of the fuse-link is within the values specified by the manufacturer for a new fuse-link;
- c) pre-arcing time-current characteristics of the fuse-link shall meet the requirements of 8.7.2.6 and 8.7.2.7 but for a time of 1 s.

10 Acceptance tests

If acceptance tests are agreed between user and manufacturer, they should be selected from the type tests. In addition, further tests or verifications may be requested, for example:

- a) dimensional verification;
- b) measurement of resistance of fuse-links.

11 Markings and information

11.1 Identifying markings

If the fuse is designed for indoor service only, this shall be indicated by means of an appropriate marking.

The minimum identifying markings on fuse-links, fuse-carriers and fuse-bases are given below.

The identifying markings shall be legible and durable for the service conditions. In case of doubt, a test according to 9.3 of IEC 60898-1 may be used.

The figures representing ratings shall in all cases be followed by the symbol of the unit in which they are expressed.

- a) On the fuse-base:
 - manufacturer's name or trademark;
 - manufacturer's type designation (if any);
 - rated insulation level (see 6.6);
 - rated voltage (U_r) (see 6.2);
 - rated current (I_r) (see 6.3.3).
- b) On the fuse-carrier:
 - manufacturer's name or trademark;
 - rated voltage (U_r) (see 6.2);
 - rated current (I_r) (see 6.3.4);
 - rated breaking capacity (see 6.5) and TRV class (see 5.1);
 - rated frequency (see 6.4).
- c) On the fuse-links:
 - manufacturer's name or trademark;
 - manufacturer's type designation (if any);
 - rated current (I_r) and speed designation (if any) (see 5.2);
 - rated voltage (U_r) (see 6.2).

11.2 Information to be given by the manufacturer

The manufacturer shall make available to the purchaser the following information:

- a) the time-current characteristics for fuse-links;
- b) mounting angle of the fuse, if applicable.

12 Application guide

12.1 Object

The object of this clause is to present suggestions on the application, operation and maintenance as an aid in obtaining satisfactory performance with expulsion and similar fuses.

12.2 General

A fuse in an electric circuit stands guard at all times to protect the circuit, and the equipment connected to it, from overcurrent damage within the limits of its rating. How well this fuse will perform depends not only upon the accuracy with which it was manufactured, but also the correctness of the application and the attention it receives after it is installed. If not properly applied and maintained, considerable damage may occur to costly equipment. As an example, drop-out fuse-carriers that remain in the open position for prolonged periods of time, may accumulate water and pollution in their internal parts, which may result in the degradation of their operational properties. In this respect, operational procedures that may lead to fault making or load switching (for fuses not complying with the additional requirements of IEC 60265-1[3] shall be avoided due to the operational risks, and are not covered by this standard.

It cannot be stressed too strongly that prescribed safety rules should be adhered to at all times when handling or maintaining fuses near energized equipment or conductors.

For all application purposes, the ratings of a given fuse (current, voltage, breaking-capacity, etc.) are to be considered the maximum values, which shall not be exceeded in service; see also 8.1.

12.3 Application

12.3.1 Mounting

Fuses shall be mounted in the position specified by the manufacturer. For multiple arrangements of fuses, when the distance between poles is not fixed by the construction, the poles shall be mounted with clearances not less than those specified by the manufacturer.

Precautions shall be taken concerning the selection of the site of installation of expulsion type fuses, due to the high level of noise and emission of hot gases during operation which are inherent in some types.

12.3.2 Selection of the rated current of the fuse-link

The rated current of the fuse-link should be selected with due regard to the following parameters:

- a) normal and permissible overload currents of the circuit, including sustained harmonics;
- b) transient phenomena in the circuit related to switching such equipment as transformers, motors, or capacitors;
- c) coordination with other protective devices, if any;
- d) enclosure of the fuse or other variation in the cooling conditions, which may affect the temperature of the fuse-link.

The rated current of a fuse-link is usually higher than the normal service current. Recommendations for selection are usually provided by the manufacturer.

If the rated current of the fuse-link is less than that of the fuse-base or fuse-carrier, the effective current rating of the fuse is that of the fuse-link.

The rated current is defined with reference to the temperature rise of a fuse tested in free air.

When fuses are used in an enclosure, the rated current may have to be reduced, in order that the maximum temperature requirements specified in this standard may still be met, and consequently, the fuse may have many different current ratings depending upon the type of enclosure. For the short pre-arcing times, generally used in predicting discrimination, the time-current characteristic is not significantly changed by mounting the fuse in such an enclosure.

Fuses, which are loaded with a current exceeding the rated current for a time longer than that recommended by the manufacturer, may be subject to deterioration, which may influence the time-current characteristics.

More details may be found in IEC 60787 for transformer protection, and in IEC 60549 for capacitor protection, where applicable.

12.3.3 Selection of the rated voltage of the fuse-base

The rated voltage of the fuse-base should not be less than the highest phase-to-phase service voltage of the multiphase or single-phase system.

NOTE 1 Successful completion of the dielectric withstand tests does not ensure that fuses providing an isolating distance, when open, will always flash over to earth instead of across the isolating distance.

NOTE 2 Selection of a higher insulation level than given in Tables 4 and 5 is permissible for each rated voltage.

12.3.4 Selection of class of fuses

- Class A

These fuses are generally applicable for the protection of small transformers and small capacitor banks for power-factor correction or voltage control, located on power distribution systems of open-line type or cable type, and remotely placed from major substations. They are also applicable as protective devices at sectionalizing points on such systems. TRV conditions are described by TRV test parameters, having lower values of u_c and longer values of t_3 than those for class B fuses.

- Class B

These fuses are generally applicable to protect similar equipment such as class A fuses but in closer proximity to a major supplying substation and feeder circuits leaving such substations. TRV conditions are more severe than those for class A fuse applications, and therefore have more severe TRV test parameters specified.

12.3.5 Selection of the rated insulation level

Table 4 specifies two lists for the values of the rated lightning impulse withstand voltage.

The choice between lists 1 and 2 should be made by considering the degree of exposure to lightning and switching overvoltages, the type of system neutral earthing, and the type of overvoltage limiting device (see IEC 60071-1).

Equipment designed to list 1 is suitable for installations such as the following:

- 1) In systems and industrial installations not connected to overhead lines:
 - a) where the system neutral is earthed, either solidly, or through an impedance which is low compared with that for an arc-suppression coil. Surge protective devices, such as diverters, are generally not required;
 - b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil, and adequate overvoltage protection is provided in special systems, for example an extensive cable network, where surge diverters capable of discharging the cable capacitance may be required.
- 2) In systems and industrial installations connected to overhead lines through transformers where cables or additional capacitors of at least 0,05 μF per phase are connected between the transformer lower voltage terminals and earth, on the transformer side of the fuses and as close as possible to the transformer terminals. This covers the cases:
 - a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil. Overvoltage protection by means of surge diverters may be desirable;
 - b) where the system neutral is earthed through an arc suppression coil, and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.
- 3) In systems and industrial installations connected directly to overhead lines:
 - a) where the system neutral is earthed solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil, and where adequate overvoltage protection by spark gaps or surge diverters is provided, depending on the probability of overvoltage amplitude and frequency.

- b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

In all other cases, or where a very high degree of security is required, equipment designed to list 2 should be used.

12.3.6 Disposal

When applicable, the manufacturer shall provide information concerning the disposal of fuses with due regard to environmental considerations.

It is the responsibility of the user to consider and comply with all local relevant regulations concerning disposal.

12.4 Operation

It is advisable to replace all three fuse-links, when the fuse on one or two phases of a three-phase circuit has operated, unless it is definitely known that no overcurrent has passed through the unmelted fuse-links.

12.5 Information about special requirements not covered by this standard

Some national standards include additional requirements, including classifications related to special conditions of fuse applications. For informative purposes only, some of these include:

- spark production tests (AS 1033-1 [10]);
- mechanical robustness of fuse-links;
- measurement of the resistance of fuse-links;
- verification of mechanical forces to open and to close drop-out fuses after mechanical operations;
- verification of pre-arcing time-current characteristics after thermal preconditioning.

Table 1 – Altitude correction factors for insulation levels

Altitude m	Correction factors for rated insulation levels
1 000	1,00
1 500	1,06
2 000	1,13
2 500	1,20
3 000	1,28
NOTE Linear interpolation can be applied for intermediate altitudes.	

Table 2 – Altitude correction factors for temperature rise

Maximum altitude m (1)	Correction factor for rated current (2)	Correction factor for temperature rise (3)
1 000	1,00	1,00
1 500	0,99	0,98
3 000	0,96	0,92
NOTE Linear interpolation can be applied for intermediate altitudes.		

Table 3 – Rated voltages

Series I kV	Series II kV
–	2,8
3,6	–
–	5,1 (see note)
–	5,2
–	5,5
7,2	–
–	7,8
–	8,3
12,0	–
–	15,0
–	15,5
17,5	–
24,0	–
–	25,8
–	27,0
36,0	–
–	38,0
40,5	–
–	48,3
52,0	–
72,5	72,5
100	–
–	121
123	–
145	145
–	169
170	–
NOTE Indicates non-preferred voltages.	

Table 4 – Rated insulation levels (Series I)

Rated Voltage U_r kV (r.m.s. value)	List 1 (reduced insulation)	Rated short-duration power-frequency withstand voltage U_d kV (r.m.s. value)		Rated lightning impulse withstand voltage U_p kV (r.m.s. value)	
	List 2 (full insulation)				
		Common value	Across the isolating distance	Common value	Across the isolating distance
1	2	3	4	5	6
3,6	List 1	10	12	20	23
	List 2			40	46
7,2	List 1	20	23	40	46
	List 2			60	70
12	List 1	28	32	60	70
	List 2			75	85
17,5	List 1	38	45	75	85
	List 2			95	110
24	List 1	50	60	95	110
	List 2			125	145
36	List 1	70	80	145	165
	List 2			170	195
40,5	List 1	80	95	180	200
	List 2			190	220
52	List 1	95	110	250	290
	List 2				
72,5	List 1	140	160	325	375
	List 2				
100	List 1	150	175	380	440
	List 2	185	210	450	520
123	List 1	185	210	450	520
	List 2	230	265	550	630
145	List 1	230	265	550	630
	List 2	275	315	650	750
170	List 1	275	315	650	750
	List 2	325	375	750	860

Table 5 – Rated insulation levels (Series II)

Class of fuse	Rated voltage of the fuse kV	Rated short-duration power-frequency voltage kV (r.m.s.)					Rated lightning impulse withstand voltage kV (peak)			
		To earth, between poles, and across the fuse-base			Across the isolating distance of the fuse-base (see note)		To earth, between poles, and across the fuse-base		Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	
		Indoor 1 min dry	Outdoor 1 min dry 10 s wet		Indoor 1 min dry	Outdoor 1 min dry	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	5,2	–	21	20	–	21	–	60	–	60
	7,8	–	27	24	–	27	–	75	–	75
	15	–	35	30	–	35	–	95	–	95
	27	–	42	36	–	42	–	125	–	125
	38	–	70	60	–	70	–	150	–	150
B	2,8	15	–	–	17	–	45	–	50	–
	5,1/5,5	19	–	–	21	–	60	–	66	–
	8,3	26	35	30	29	39	75	95	83	105
	15	36	–	–	40	–	95	–	105	–
	15,5	50	50	45	55	55	110	110	121	121
	25,8	60	70	60	66	77	150	150	165	165
	38	80	95	80	83	105	200	200	220	220
	48,3	–	120	100	–	132	–	250	–	275
	72,5	–	175	145	–	193	–	350	–	385
	121	–	280	230	–	308	–	550	–	605
	145	–	325	275	–	368	–	650	–	715
	169	–	385	315	–	424	–	750	–	825

NOTE An isolating insulation level should only be applicable for those fuse-bases to which isolating properties are assigned.

Table 6 – Test parameters

Parameters	Class	Test duties									
		1		2		3		4		5	
Power-frequency recovery voltage	A and B	(footnote 5) Rated voltage $^{+5}_0\%$									
Prospective TRV characteristics	A B	Table 8 Table 9		Table 8 Table 9		Table 8 Table 9		Table 8 Table 9		(footnote 7)	
Prospective current (r.m.s. value of the a.c. component)	A and B	I_1 $^{+5}_0\%$ (footnote 5)		I_2 from 0,6 I_1 to 0,8 I_1		I_3 from 0,2 I_1 to 0,3 I_1		I_4 from 400 A to 500 A (footnotes 1 and 2)		I_5 from 2,7 I_r to 3,3 I_r (footnotes 1 and 10)	
Power-factor	A B	Lower than 0,15 Lower than 0,10						See Table 7		From 0,6 to 0,8	
Making angle related to voltage zero (degrees) (footnote 9)	A and B	1st test: –5 to +15 2nd test: 85 to 105 3rd test: 130 to 150		1st test: –5 to +15 2nd test: 85 to 105 3rd test: 130 to 150		For all tests, from 85 to 105		Random timing			
Duration of power frequency recovery voltage after interruption (footnote 11)	A and B(drop-out)	Not less than drop-out time, or 0,5 s, whichever is greater									
	A and B (non drop-out)	10 min (footnote 8)						1 min			
Rated current of fuse-links (footnote 6)	A and B	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.		Min.	
Number of tests	A and B	3	3	3	3	1	1	2		2	
Number of tests before replacing fuse-carriers (footnote 3)	A and B	3	3	3	3	2		4			
Number of fuse-carriers	A and B	1	1	1	1	1		1			
Maximum number of fuse-bases (footnote 4)	A and B	1	1	1	1	1		1			
See footnotes on next page.											

Table 6 (continued)

¹	When, due to laboratory test limitations, it is difficult to achieve the specified values of test current, the test may be made with a higher value of current corresponding to an operating time not lower than 2 s.
²	If the values are lower than those of test duty 5, test duty 4 need not be made.
³	After each test, the fuse-link and expandable cap of expulsion fuses (if used) shall be replaced. Any exhaust-control device normally field replaceable shall be replaced as follows: – test duties 1 and 2 replace after each test; – test duties 3, 4 and 5 replace after each series of tests.
⁴	The total number of fuse-bases shall be noted in the test report.
⁵	When the fuse is intended to be used only in three-phase circuits, the manufacturer may elect to replace the test duty 1 (100 % U_r and 100 % I_1) by one test duty at 87 % U_r and 100 % I_1 and a second test duty with 100 % U_r and 87 % I_1 . The tolerances for voltages and currents are the same as those indicated in Table 6.
⁶	"Min." and "max." represent the minimum and maximum rated currents of a homogeneous series.
⁷	The transient recovery voltage for this test circuit shall be critically damped. Shunting the load reactance with a resistance having a value equal to approximately 40 times the value of the reactance at power frequency is usually adequate to critically damp the circuit. However, if this value does not result in critical damping, the resistance can be reduced to achieve critical damping. For testing convenience, an oscillatory TRV may be acceptable, with the agreement of the manufacturer. Critical damping is obtained when: $R = \frac{f_0 \times X}{2f_n}$ where f_0 is the natural frequency of test circuit without damping; f_n is the power frequency; X is the reactance of the test circuit at power frequency.
⁸	If leakage current through the fuse is monitored following interruption, recovery voltage may be removed after leakage current has been less than 1 mA for a 2 min duration.
⁹	The indicated sequence of tests is preferred.
¹⁰	The minimum value of I_5 is 15 A.
¹¹	When the station limitations make it difficult for the full value of recovery voltage to be maintained for the specified duration, the test circuit may be switched to an auxiliary source (capable of supplying a current of at least 1 A) from which the specified test voltage can be maintained for the remainder of the specified duration. Such changeover shall not be made until a time of at least 10 s has elapsed from current interruption, and any necessary circuit interruption to effect this changeover shall not exceed 0,5 s.

Table 7 – Values of circuit-power factor for test duty 4

Fuse class	Range of rated voltage of the fuse (U_r) kV						
	2,8 to 3,6	5,1 to 5,5	7,2 to 8,3	12 to 17,5	24 to 27	36 to 40,5	48,3 to 170
A	0,6 to 0,7	0,6 to 0,7	0,5 to 0,6	0,35 to 0,45	0,35 to 0,45	0,2 to 0,3	–
B	0,6 to 0,7	0,5 to 0,6	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2	0,1 to 0,2	0,1 to 0,2	0,1 to 0,2

Table 8 – Standardized values of transient recovery voltage for test duties 1, 2, 3 and 4 – Class A fuses – Representation by two parameters – Tests at rated voltage

Rated voltage U_r kV	Test duty	Amplitude factor AF	TRV peak u_c kV	Time t_3 μs	Time delay T_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV (footnote 1) u_c / t_3 kV/ μs
3,6	1,2,3	1,30	6,6	85	13	2,2	41	0,08
	4	1,25	6,4	10	2	2,1	5	0,63
5,2 (footnote 2)	1,2,3	1,30	9,6	102	15	3,2	49	0,09
	4	1,25	9,2	12	2	3,1	6	0,78
7,2	1,2,3	1,30	13,2	122	18	4,4	59	0,11
	4	1,35	13,7	13	2	4,6	6	1,03
7,8 (footnote 2)	1,2,3	1,30	14,3	128	19	4,8	62	0,11
	4	1,35	14,9	14	2	5,0	7	1,08
12	1,2,3	1,30	22,1	164	25	7,4	79	0,13
	4	1,50	25,5	16	2	8,5	8	1,58
15 (footnote 2)	1,2,3	1,30	27,6	187	28	9,2	90	0,15
	4	1,50	31,8	18	3	10,6	9	1,77
17,5	1,2,3	1,30	32,2	202	30	10,7	98	0,16
	4	1,50	37,2	20	3	12,4	10	1,87
24	1,2,3	1,30	44,1	238	36	14,7	115	0,19
	4	1,50	51,0	26	4	17,0	13	1,97
25,8 (footnote 2)	1,2,3	1,30	47,4	245	37	15,8	118	0,19
	4	1,50	54,8	28	4	18,3	13	1,99
27 (footnote 2)	1,2,3	1,30	49,6	252	38	16,5	122	0,20
	4	1,50	57,3	29	4	19,1	14	2,00
36	1,2,3	1,30	66,2	281	42	22,1	136	0,24
	4	1,60	81,5	40	6	27,2	19	2,04
38 (footnote 2)	1,2,3	1,30	69,9	285	43	23,3	138	0,25
	4	1,60	86,0	42	6	28,7	20	2,05
$u_c = AF \times U_r \times \sqrt{2}$ $u' = u_c / 3$ $t_d = 0,15 \times t_3$ $t' = t_d + t_3 / 3$ NOTE Use interpolation to obtain parameters for other rated voltages. ¹ Rate of rise of recovery voltage. ² Used in North America.								

**Table 9 – Standardized values of transient recovery voltage
for test duties 1, 2, 3 and 4 – Class B fuses –
Representation by two parameters – Tests at rated voltage**

Rated voltage U_r kV	Test duty	Amplitude factor AF	TRV peak u_c KV	Time t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV (footnote 1) u_c / t_3 kV/ μs
2,8 (footnote 2)	1,2,3	1,40	5,5	56	7	1,8	22	0,12
3,6	1,2,3	1,40	7,1	54	8	2,4	26	0,13
	4	1,29	6,6	12	2	2,2	6	0,53
5,5 (footnote 2)	1,2,3	1,40	10,9	72	11	3,6	35	0,15
	4	1,39	10,8	15	2	3,6	7	0,71
7,2	1,2,3	1,40	14,3	86	13	4,8	42	0,17
	4	1,48	15,0	18	3	5,0	9	0,85
8,25 (footnote 2)	1,2,3	1,40	16,4	95	14	5,5	46	0,17
	4	1,48	17,3	19	3	5,8	9	0,90
12	1,2,3	1,40	23,8	121	18	7,9	59	0,20
	4	1,60	27,2	23	4	9,1	11	1,17
15 (footnote 2)	1,2,3	1,40	29,7	140	21	9,9	67	0,21
	4	1,60	33,9	26	4	11,3	13	1,29
15,5 (footnote 2)	1,2,3	1,40	30,7	143	21	10,2	69	0,22
	4	1,60	35,1	27	4	11,7	13	1,31
17,5	1,2,3	1,40	34,6	155	23	11,5	75	0,224
	4	1,60	39,6	28	4	13,2	14	1,39
24	1,2,3	1,40	47,5	192	29	15,8	93	0,247
	4	1,60	54,3	34	5	18,1	16	1,61
25,8 (footnote 2)	1,2,3	1,40	51,1	201	30	17,0	97	0,25
	4	1,60	58,4	35	5	19,5	17	1,66
36	1,2,3	1,40	71,3	251	38	23,8	121	0,28
	4	1,60	81,5	42	6	27,2	20	1,94
38 (footnote 2)	1,2,3	1,40	75,2	261	39	25,1	126	0,29
	4	1,60	86,0	43	7	28,7	21	1,99
40,5 (footnote 2)	1,2,3	1,40	80,2	272	41	26,7	132	0,29
	4	1,60	91,6	45	7	30,5	22	2,04
48,3 (footnote 2)	1,2,3	1,40	95,6	306	46	31,9	148	0,31
	4	1,60	109,3	49	7	36,4	24	2,22
52	1,2,3	1,40	103	321	48	34,4	155	0,32
	4	1,60	118	51	8	39,2	25	2,29
72,5	1,2,3	1,40	144	401	60	47,9	194	0,36
	4	1,60	164	61	9	54,7	30	2,68

Table 9 (continued)

Rated voltage U_r kV	Test duty	Amplitude factor AF	TRV peak u_c KV	Time t_3 μs	Time delay t_d μs	Voltage u' kV	Time t' μs	RRRV (footnote 1) u_c / t_3 kV/ μs
121	1,2,3	1,40	239	565	28	79,8	217	0,42
	4	1,60	274	81	12	91,3	39	3,39
123	1,2,3	1,40	244	570	29	81,3	218	0,43
	4	1,60	278	81	12	92,8	39	3,42
145	1,2,3	1,40	287	636	32	95,8	244	0,45
	4	1,60	328	89	13	109	43	3,69
169 (footnote 2)	1,2,3	1,40	335	705	35	112	270	0,47
	4	1,60	382	97	15	127	47	3,96
170	1,2,3	1,40	337	708	35	112	271	0,48
	4	1,60	385	97	15	128	47	3,97
$u_c = AF \times \sqrt{2} \times U_r$ $u' = u_c / 3$ $t' = t_d + t_3 / 3$ for $U < 100$ kV: TD 1,2,3,4: $t_d = 0,15 \times t_3$ for $U \geq 100$ kV: TD 1,2,3: $t_d = 0,05 \times t_3$ TD 4: $t_d = 0,15 \times t_3$								
NOTE Use interpolation to obtain parameters for other rated voltage.								
¹ Rate of rise of recovery voltage.								
² Used in North America.								

Table 10 – Limit values for pre-arcing time-current characteristics – Fuse-links designated type K

		Pre-arcing current A					
	Rated current A	300 s or 600 s (see note)		10 s		0,1 s	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Preferred values	6,3	12,0	14,4	13,5	20,5	72	86
	10	19,5	23,4	22,4	34	128	154
	16	31,0	37,2	37,0	55	215	258
	25	50	60	60	90	350	420
	40	80	96	96	146	565	680
	63	128	153	159	237	918	1 100
	100	200	240	258	388	1 520	1 820
	160	310	372	430	650	2 470	2 970
Intermediate values	200	480	576	760	1 150	3 880	4 650
	8	15	18	18	27	97	116
	12,5	25	30	29,5	44	166	199
	20	39	47	48	71	273	328
	31,5	63	76	77,5	115	447	546
	50	101	121	126	188	719	862
	80	160	192	205	307	1 180	1 420
NOTE 300 s for fuse-links with rated currents up to and including 100 A. 600 s for fuse-links with rated currents exceeding 100 A.							

**Table 11 – Limit values for pre-arcing time-current characteristics –
Fuse-links designated type T**

		Pre-arcing current A					
	Rated current A	300 s or 600 s (see note)		10 s		0,1 s	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Preferred values	6,3	12,0	14,4	15,3	23,0	120	144
	10	19,5	23,4	26,5	40,0	224	269
	16	31,0	37,2	44,5	67,0	388	466
	25	50	60	73,5	109	635	762
	40	80	96	120	178	1 040	1 240
	63	128	153	195	291	1 650	1 975
	100	200	240	319	475	2 620	3 150
	160	310	372	520	775	4 000	4 800
	200	480	576	850	1 275	6 250	7 470
Intermediate values	8	15,0	18,0	20,5	31,0	166	199
	12,5	25,0	30,0	34,5	52,0	296	355
	20	39,0	47,0	57,0	85,0	496	595
	31,5	63	76	93	138	812	975
	50	101	121	152	226	1 310	1 570
	80	160	192	248	370	2 080	2 500
NOTE 300 s for fuse-links with rated currents up to and including 100 A. 600 s for fuse-links with rated currents exceeding 100 A.							

Table 12 – Temperature and temperature-rise limit values of parts and materials

Component or material	Maximum value of	
	Temperature °C	Temperature rise K
A) Contacts in air: 1) Spring-loaded contacts (copper and copper alloy) – bare – silver or nickel-coated – tin-coated – other coatings 2) Bolted connections or equivalent (copper, copper alloy and aluminium alloys) – bare – tin-coated – silver or nickel-coated – other coatings	75 105 90 See note 1 90 105 115 See note 1	35 65 50 50 65 75
B) Contacts in oil (copper alloy): 1) Spring-loaded contacts – bare – silver, tin or nickel-coated – other coatings 2) Bolted connections – bare – silver, tin or nickel-coated – other coatings	80 90 See note 1 100 100 See note 1	40 50 60 60
C) Bolted terminals in air: – bare – silver, tin or nickel-coated – other coatings	90 105 See note 1	50 65
D) Metal parts acting as springs	See note 2	
E) Materials used as insulation and metal parts in contact with insulation of following classes (see note 3): – Class Y (for non-impregnated materials) – Class A (for materials immersed in oil or impregnated) – Class E – Class B – Class F Enamel: oil base synthetic – Class H Other classes	90 105 120 130 155 100 120 180 See note 4	50 65 80 90 115 60 80 140
F) Oil (see notes 5 and 6)	90	50
G) Any part of metal or insulating material in contact with oil except contacts and springs	100	60
NOTE 1 If the manufacturer uses coatings other than those indicated in Table 12, the properties of these materials should be taken into consideration. NOTE 2 The temperature or the temperature-rise should not reach a value such that the elasticity of the metal is impaired. NOTE 3 Classes according to IEC 60085 [11]. NOTE 4 Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts. NOTE 5 At the upper part of the oil. NOTE 6 Special consideration should be given when low-flash-point oil is used in regard to vaporization and oxidation.		

Table 13 – Dielectric tests where the terminal opposite the energized terminal is earthed when testing the base with the fuse-link removed

Test condition	Fuse	Voltage applied to (see Figure 2)	Earth connected to
1	Closed	Aa	BCbcF
2	Closed	Bb	ACacF
3	Closed	Cc	ABabF
4	Open	A	BCabcF *
5	Open	B	ACabcF *
6	Open	C	ABabcF *
7	Open	a	ABCbcF *
8	Open	b	ABCacF *
9	Open	c	ABCabF *

* When the test voltage across the open fuse is higher than the test voltage to earth, it may be necessary to insulate suitably the base F and the terminals of the fuse, except the terminal opposite the energized terminal. Test conditions 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the base. Test conditions 7, 8 and 9 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the base.

Table 14 – Size of the conductors for the temperature-rise tests

Rated currents of the fuse A	Size of bare copper conductor mm ²	
	General practice	North American practice
≤ 25	From 20 to 30	–
25 < I _r ≤ 63	From 40 to 60	From 20 to 40
63 < I _r ≤ 200	From 120 to 160	From 100 to 120
200 < I _r ≤ 400	From 250 to 350	From 200 to 240
400 < I _r ≤ 630	From 500 to 600	From 350 to 420

NOTE For distribution fuse-cutouts with rated currents less than or equal to 200 A, smaller conductors are permissible if the difference of the temperature rises between the terminal, and a point on the conductor connected to it 1 m away from the terminal, is less than or equal to 5 K.

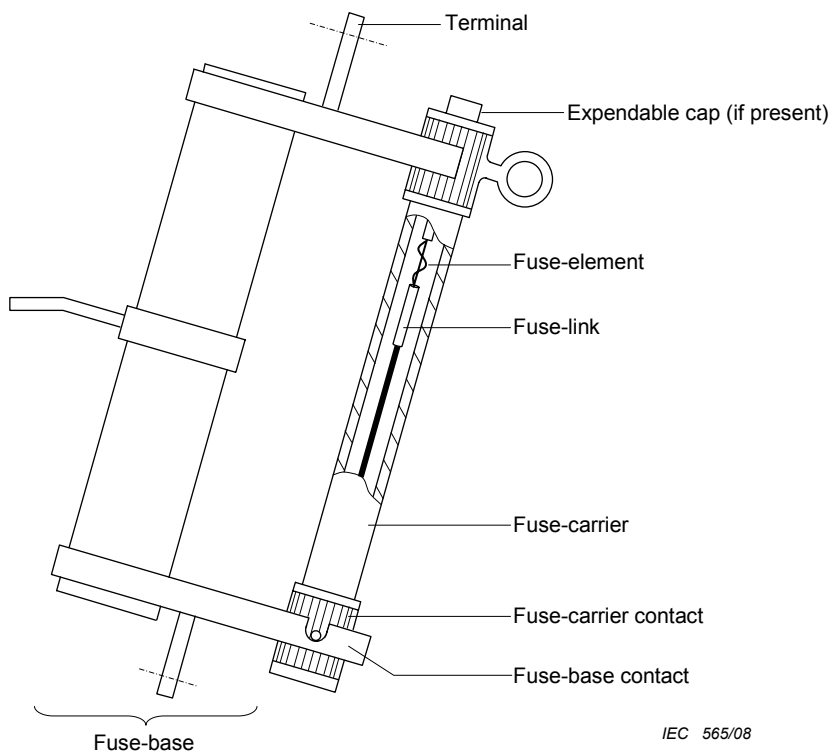
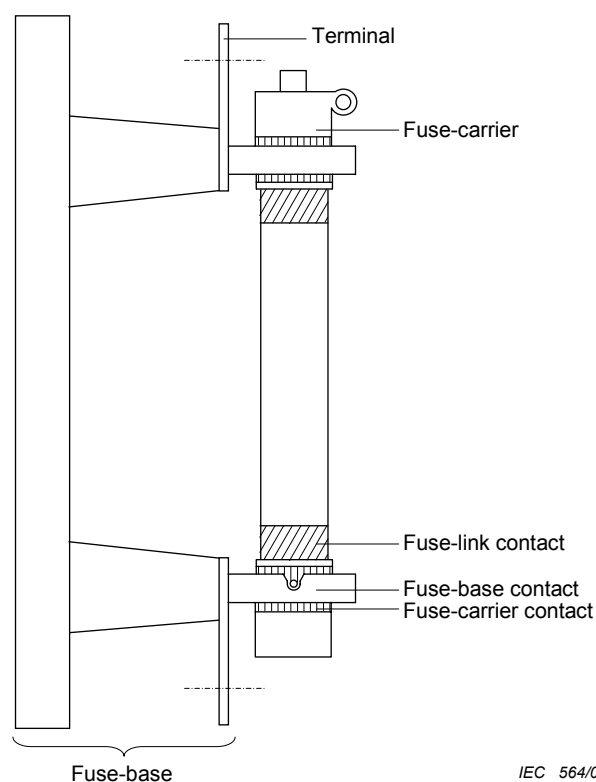


Figure 1 – Terminology for expulsion fuses

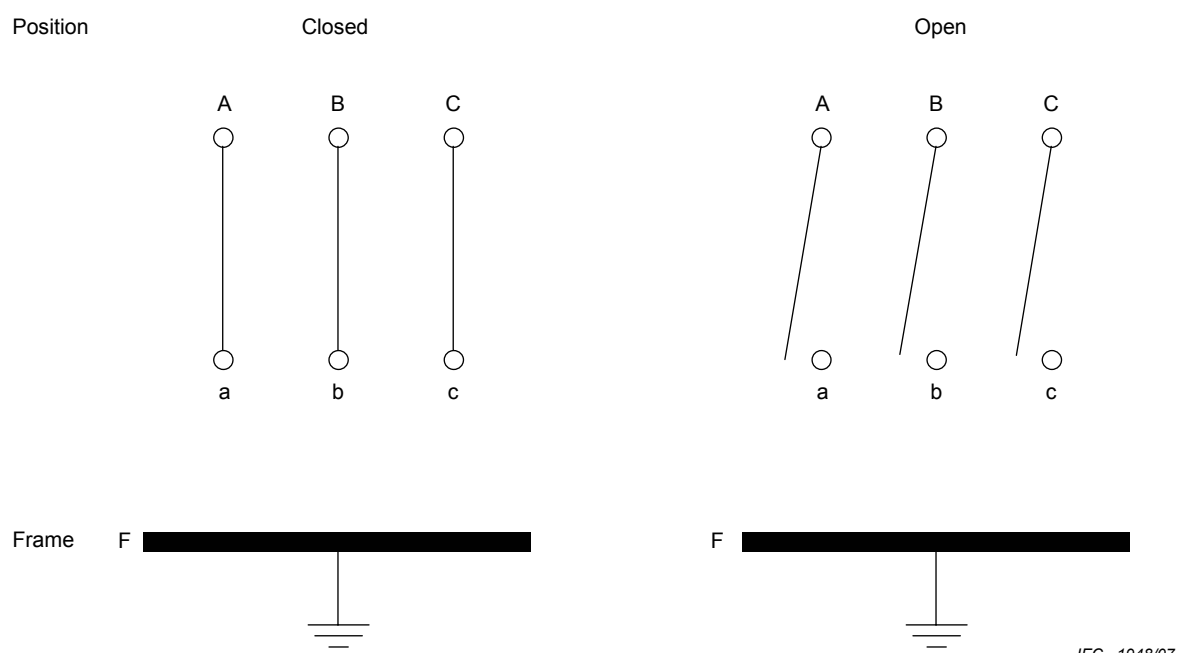


Figure 2 – Diagram of connections of a three-pole fuse

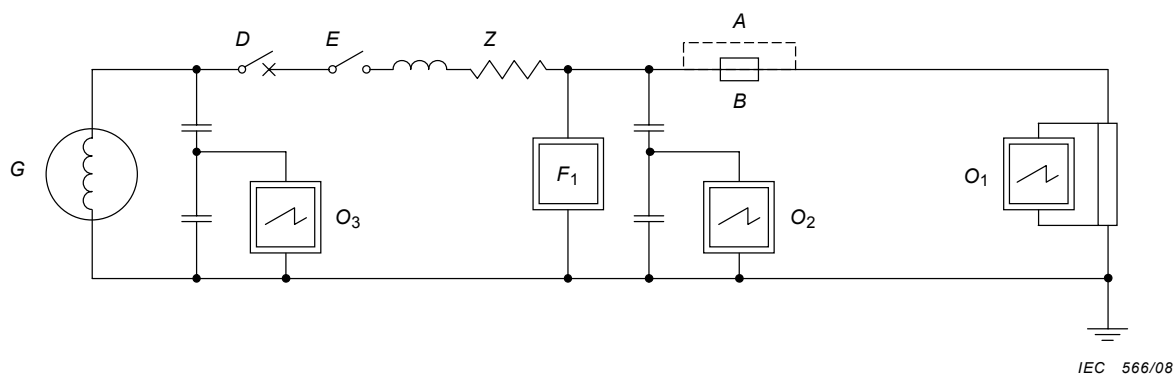


Figure 3a – Test duties 1, 2 and 3

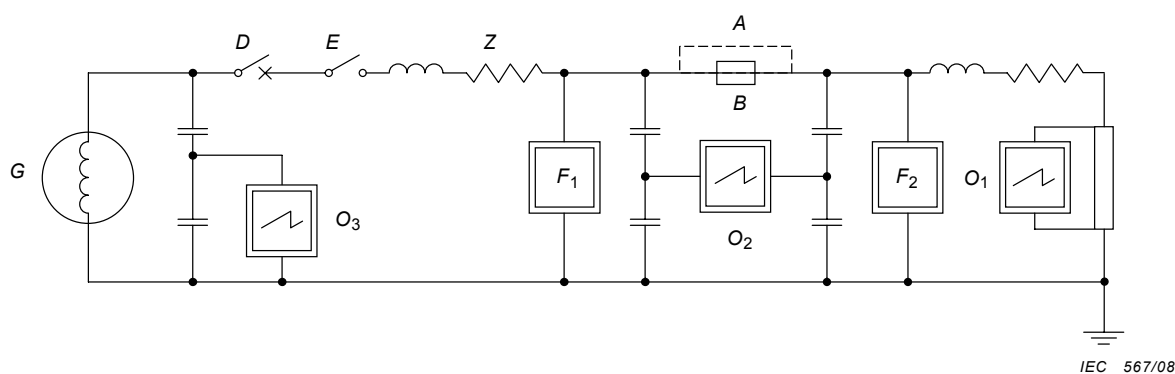


Figure 3b – Test duties 4 and 5

Key

- A removable link used for the calibration test
- B fuse under test
- D circuit-breaker protecting the source
- E making switch
- F_1 transient recovery voltage control for source (all test duties)
- F_2 transient recovery voltage control for fault (test duties 4 and 5)
- G test voltage source
- O_1 current measurement
- O_2 recovery voltage measurement
- O_3 reference voltage measurement
- Z adjustable impedance for source (all test duties)
- Z_1 adjustable impedance for load side (test duties 4 and 5) or transformer with short-circuited secondary terminals

NOTE Resistance and capacitance are connected in parallel in F_1 for fuses rated < 100 kV and in F_2 for fuses of any voltage rating.

Figure 3 – Typical diagrams for breaking tests

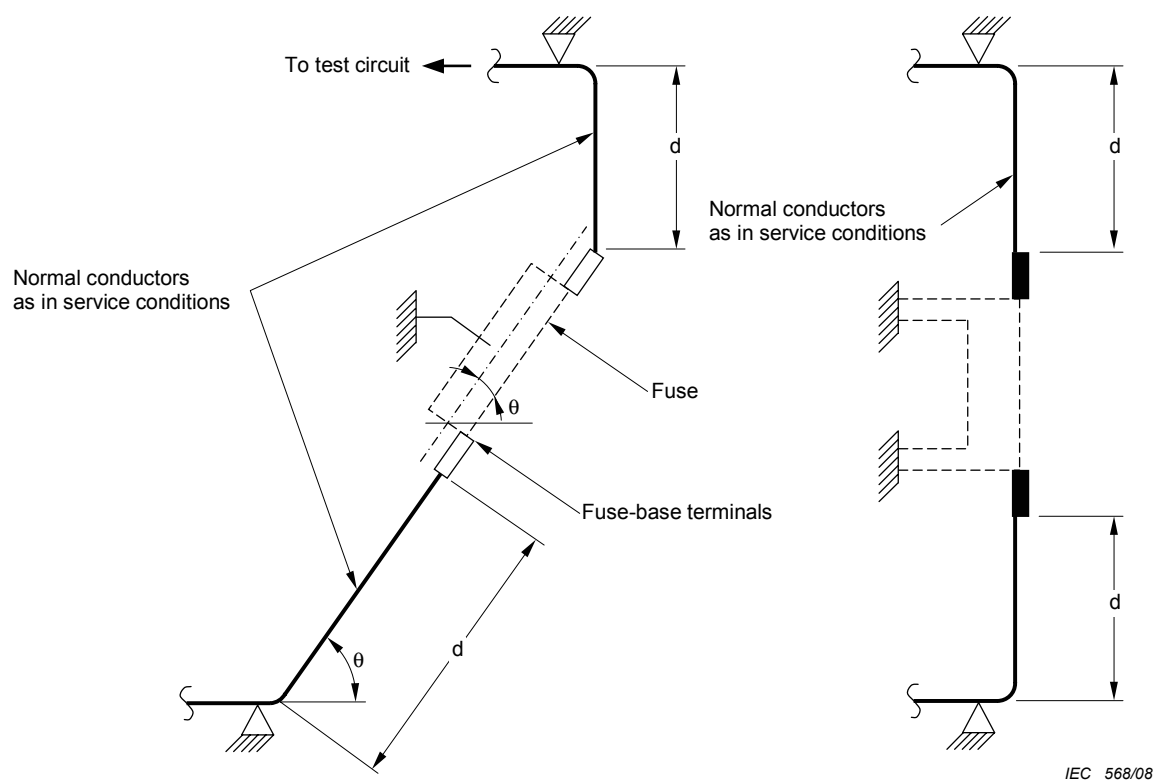


Figure 4 – Breaking-test arrangement of the equipment

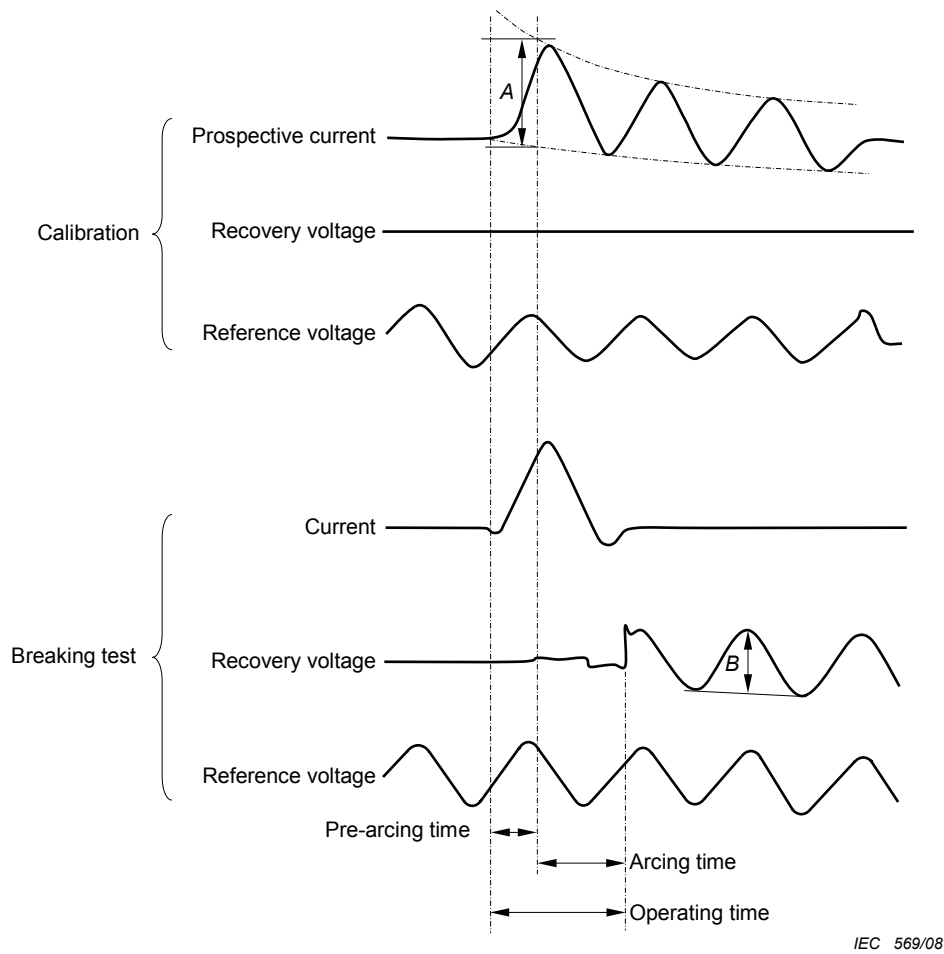


Figure 5a – Test duties 1, 2, 3 and 4

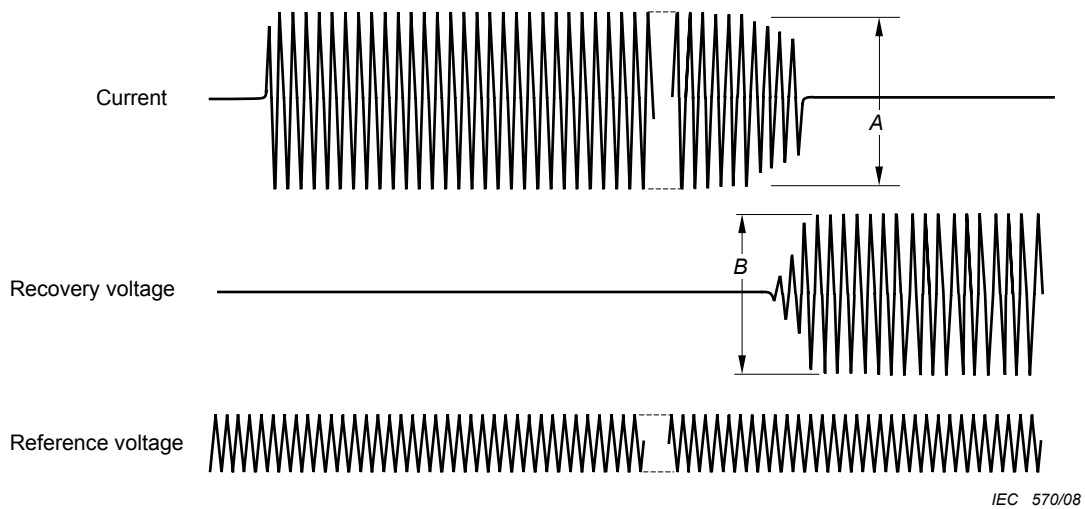


Figure 5b – Test duty 5

RMS value of the a.c. component of prospective breaking current $I = \frac{A}{2\sqrt{2}}$

Power-frequency recovery voltage $U = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

Figure 5 – Breaking-test interpretation of oscillograms

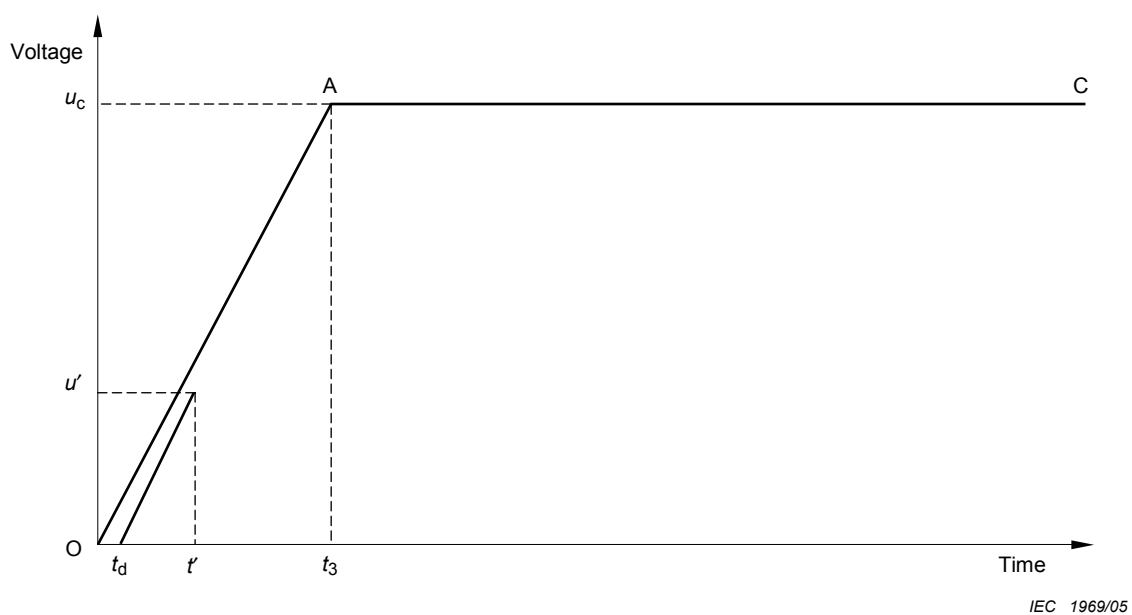


Figure 6 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line

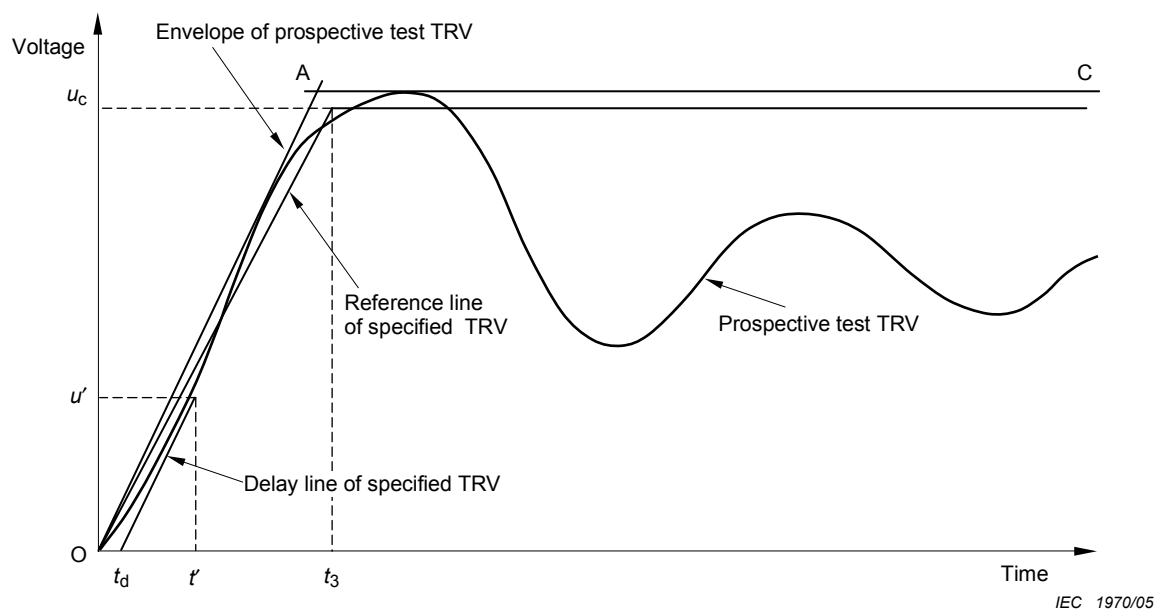


Figure 7 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test

Annexe A (informative)

Reasons for the selection of breaking-test values

A.1 Reasons for choice of short-circuit test current values

Test duty 1

In any expulsion fuses, the energy to be dissipated during circuit interruption increases in approximate proportion to the value of the prospective breaking current. A test at 100 % of rated breaking capacity is therefore essential.

Where fuses are designed primarily for use only in three-phase systems, a relaxation is permissible in line with that allowed for current-limiting fuses.

Hence, for expulsion fuses, it was deemed permissible to test at both 87 % rated voltage and 100 % rated breaking capacity, and at 100 % rated voltage and 87 % rated breaking capacity. Fuses tested in this manner may be used in single-phase circuits provided that:

- the single-phase circuit voltage is not higher than 87 % of the rated voltage of the fuse, or
- the single-phase circuit prospective fault-current is not higher than 87 % of the rated breaking capacity of the fuse.

Test duty 2

Although the energy to be dissipated is less than for test duty 1, the longer arcing times associated with a somewhat lower value of breaking current were considered as a possible cause of greater erosion of arc-quenching material. Test duty 2 was therefore retained, but the band of permissible test currents was widened out to 60-80 % of I_1 so as to take in most of both the IEC 60282-2 (1970) and IEEE C 37.41 values.

Test duty 3

The test at a value between 20-30 % of I_1 was retained because of doubts expressed regarding the drop in internal gas pressure (as compared with test duty 1 and test duty 2) being such as to make arc-extinction more difficult.

Test duty 4

The test at a value of current between 400–500 A, irrespective of current rating, was retained for two reasons:

- a) For expulsion fuses having an inner arc-quenching tube around the fuse element, a current of 400-500 A was suggested by experience as the smallest current region which would shatter the inner tube, and thus leave the outer tube with the task of producing sufficient gas pressure to extinguish the arc.
- b) 500 A was calculated as an approximate mean value for a short-circuit current at the secondary terminals of a pole-mounted transformer and hence a particularly onerous fault condition. Ideally, test duty 4 should comprise a range of test currents to cover all possible transformer sizes. However, it was considered that such an extension of the test requirements would make for an unnecessarily complex schedule of tests.

Test duty 5

A test at, or near, the minimum melting current of the fuse-links in order to establish safe interruption under low overcurrent conditions was deemed essential. The values of 2,7–3,3 I_r (specified in Table 6) may give melting times of the order of 10 s, and this might necessitate complex two-part testing in some cases. A relaxation was therefore agreed in that, where test

station limitations make such a test difficult, a test current giving melting of the fuse element in not less than 2 s may be employed (see note 1 of Table 6).

A.2 Reasons for the selection of TRV values

The values specified for TRV were reviewed in consideration of the study done by Working Group CC03 – Transient Recovery Voltages in MV Networks published in CIGRE Technical Brochure 134 (1998) [12].

The existing values of IEC 60282-2:1995 (second edition) were maintained with the exception of the t_d values for $48,3 < U_r < 100$ kV changed to bring this value into alignment with other IEC and IEEE documents.

The specified u_c and t_3 values are based on the frequencies and amplitude factors given in IEC 60282-2 (1970) (first edition) and IEEE C 37.41, which remain well in line with those in actual networks. The more severe values published in the CIGRE study do not apply to class A and B fuses because these fuses are used further from the substation than the distances considered in the CIGRE study. Where CIGRE study values were less severe, such as for test duty 4, the existing values were maintained, again because they more accurately reflect the fuse application requirements. For test duties 1, 2, and 3, when $U_r < 100$ kV, the specified t_d values ($0,15 t_3$) are based on parallel damped TRV networks, and when $U_r > 100$ kV, these values ($0,05 t_3$) are based on series damping.

NOTE TRV values for class C fuses, which appeared in the previous editions of this standard, were reviewed. It was determined that no fuses existed that met these requirements. Therefore, all references to the class C fuses were eliminated.

Annexe B (informative)

Typical dimensions for fuse-links having an inner arc-quenching tube and used in distribution fuse-cutouts and open-link cutouts

This annex is a first step towards a dimensional standardization of fuse-links having an inner arc-quenching tube, and used in distribution fuse-cutouts and open-link cutouts. It collects and classifies only some types and dimensions specified in the various existing national standards. Fuses having other dimensions are not included, because they are not officially standardized.

It is expected that the information given in this annex will keep countries informed of efforts devoted to the standardization of fuse-links, and will encourage them to achieve a reduction of the number of types. It is hoped that a second step will be to update and complete this annex in order to obtain a worldwide standardization providing dimensional interchangeability of fuse-links used in certain types of fuses.

The dimensions of a fuse-carrier of such types of fuses shall be such that a fuse-link of the corresponding rating, having the dimensions given in Figure B.1, will be accommodated.

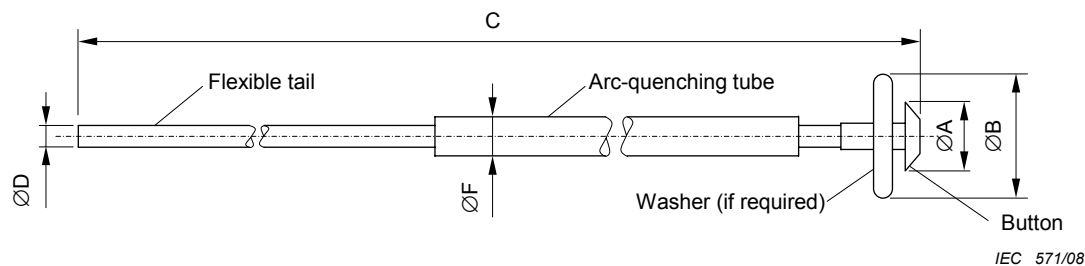


Figure B.1a – Button type

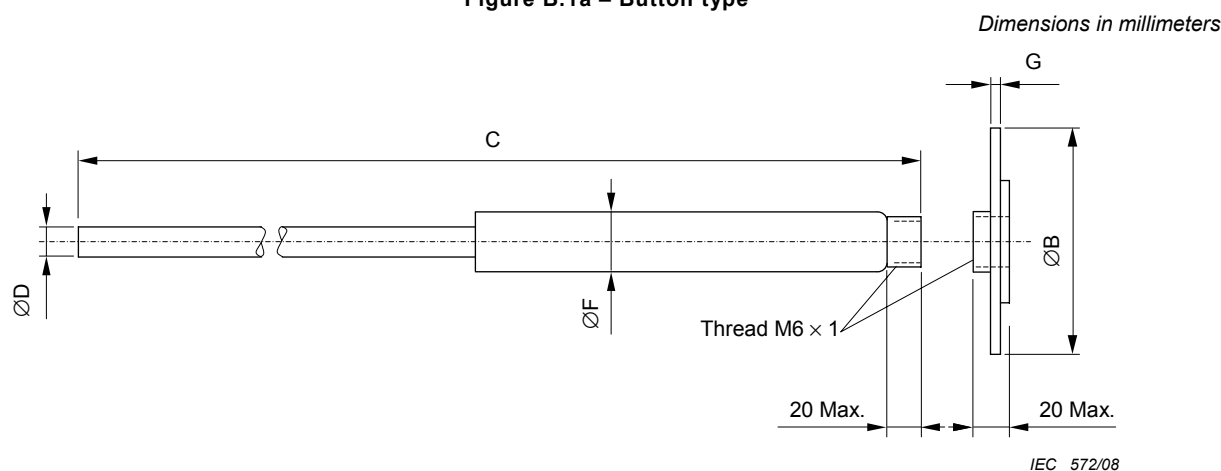


Figure B.1b – Removable head

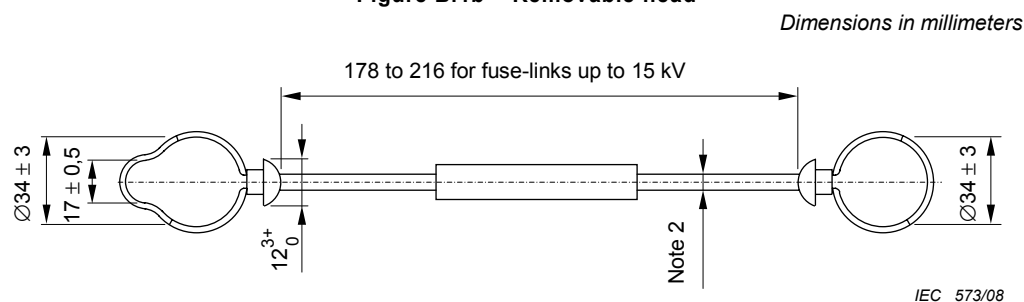


Figure B.1c – Open link

Rated current A	Dimensions mm				
	A	B	C	D (max.)	F (max.)
1 to 50	12,5 ± 0,2	19,0 ± 0,3	Note 1	5,0	Note 3
63 to 100	19,0 ± 0,3	Not applicable	Note 1	8,0	Note 3
140 to 200	25 ± 0,4	Not applicable	Note 1	9,5	Note 3

NOTE 1 The minimum length of the open-link fuse-links up to 15 kV included is 510 mm.

NOTE 2 4,4 mm max. for currents from 1 A to 50 A and 6,8 mm for currents from 63 A to 100 A.

NOTE 3 The size and shape should be such that the fuse-link will freely enter a fuse-carrier having the following inside diameters:

- 7,9 mm for open-link with rated current from 1 A to 50 A, 11,1 mm for 63 A to 100 A;
- 17,5 mm for 140 A to 200 A.

Figure B.1 – Typical dimensions for fuse-links having an inner arc-quenching tube, and used in distribution fuse-cutouts and open-link cutouts

Annexe C (informative)

Operating rods for fuses

C.1 Operating pole

Operating poles should be manufactured from lightweight materials. They should have an external finish capable of withstanding the handling and general abrasion to be met in normal usage. The maximum permissible length of an operating pole and of pole sections should be appropriate to the use. The pole length may be achieved by jointing lengths, either permanently, or by a quick action joint not requiring the use of tools. The preferred permanent joint should have a smooth external profile.

Any two separate sections which are meant to be joined together, but are too short to be used singly, should be permanently linked by a chain, so as to prevent their single use. The linking chain should be totally concealed upon closure of the joint.

Poles should have a smooth external finish and be provided with a hand grip. Adhesion of the hand grip to the pole should be of sufficient strength to withstand the torsion and tensile loads applied during normal use of the operating pole.

The weight of the complete operating pole including joint components (e.g. pole section and link-chain) but excluding the operating socket or head, should not exceed 2,8 kg.

C.2 Operating sockets or heads

Operating sockets or heads should be suitable for attachment to the operating poles.

C.3 Tests on poles and sockets or heads

Dielectric, flexure, torsion and fatigue type tests are normally performed. Maintenance testing to confirm continued performance adequacy typically may involve only dielectric withstand capability, together with careful visual inspection.

Bibliography

- [1] IEC 60549:1976, High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors
 - [2] IEC 60787:2007, Application guide for the selection of high voltage current limiting fuse-links for transformer circuit
 - [3] IEC 60265-1:1998, High-voltage switches – Part 1: High-voltage switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV
 - [4] IEC 62271-1, High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications
 - [5] IEC 60050-151:1978, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 151: Electrical and magnetic devices (withdrawn)
 - [6] IEC 60050-441:1984, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses
Amendment 1(2000)
 - [7] IEC 60282-2:1970, High-voltage fuses – Part 2: Expulsion fuses (withdrawn)
Amendment 1(1995) (withdrawn)
 - [8] IEEE C37.41 Standard Design Tests for High-Voltage Fuses, Distribution Enclosed Single-Pole Air Switches, Fuse Disconnecting Switches, and Accessories
 - [9] IEC 60071-2:1996, Insulation co-ordination – Part 2: Application guide
 - [10] AS 1033.1 – 1990: High voltage fuses (for rated voltage exceeding 1000 V) – Part 1: Expulsion type
 - [11] IEC 60085: Electrical insulation – Thermal evaluation and classification of electrical insulation
 - [12] CIGRE Technical Brochure 134:1998, Transient recovery voltages in medium voltage networks
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	56
1 Domaine d'application	58
2 Références normatives	58
3 Termes et définitions	59
3.1 Caractéristiques électriques	59
3.2 Coupe-circuit et leurs éléments (voir Figure 1)	61
3.3 Termes supplémentaires	63
4 Conditions de service	64
4.1 Conditions normales de service	64
4.2 Conditions spéciales de service	65
5 Classification et désignation	65
5.1 Classification	65
5.2 Désignation des vitesses des éléments de remplacement	65
6 Caractéristiques assignées	65
6.1 Généralités	65
6.2 Tension assignée	66
6.3 Courant assigné	66
6.4 Fréquence assignée	67
6.5 Pouvoir de coupure assigné	67
6.6 Niveau d'isolement assigné (d'un coupe-circuit à fusibles ou d'un socle)	67
7 Conditions normalisées d'emploi et de comportement	67
7.1 Conditions normalisées d'emploi relatives au pouvoir de coupure	67
7.2 Conditions normalisées de fonctionnement en ce qui concerne le pouvoir de coupure	68
7.3 Caractéristiques temps/courant	68
7.4 Température et échauffement	69
7.5 Compatibilité électromagnétique	69
7.6 Exigences mécaniques (pour les fusibles-déconnecteurs de distribution)	70
8 Essais de type	70
8.1 Conditions d'exécution des essais	70
8.2 Liste des essais de type et des rapports d'essais	70
8.3 Règles d'essais communes à tous les essais de type	71
8.4 Essais diélectriques	71
8.5 Essais d'échauffement	72
8.6 Essais de coupure	73
8.7 Essais de vérification de la caractéristique temps/courant	77
8.8 Essais mécaniques (pour les fusibles-déconnecteurs de distribution)	79
8.9 Essais de pollution artificielle	79
9 Essais spéciaux	79
9.1 Généralités	79
9.2 Essai de tenue au choc de foudre	80
10 Essais de réception	80
11 Marquage et informations	81
11.1 Indications à porter sur les plaques signalétiques	81
11.2 Informations à fournir par le constructeur	81
12 Guide d'application	81

12.1	Objet.....	81
12.2	Généralités.....	81
12.3	Utilisation.....	82
12.4	Fonctionnement.....	84
12.5	Informations sur des exigences spéciales non couvertes par la présente norme.....	84
Annexe A (informative) Raisons du choix des valeurs d'essais de coupure		102
Annexe B (informative) Dimensions typiques d'éléments de remplacement ayant un tube extincteur interne et utilisé dans les fusibles-déconnecteurs et leurs éléments ouverts		104
Annexe C (informative) Perches de manœuvre pour les fusibles.....		106
Bibliographie.....		107
Figure 1 – Terminologie pour les fusibles à expulsion		96
Figure 2 – Schéma de raccordement d'un coupe-circuit tripolaire.....		97
Figure 3 – Schéma de principe pour les essais de coupure.....		98
Figure 4 – Montage du matériel pour les essais de coupure.....		99
Figure 5 – Interprétation des oscillogrammes des essais de coupure		100
Figure 6 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard		101
Figure 7 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type		101
Figure B.1 – Dimensions typiques d'éléments de remplacement ayant un tube extincteur interne et utilisé dans les fusibles-déconnecteurs et leurs éléments ouverts		105
Tableau 1 – Facteurs de correction d'altitude pour les niveaux d'isolement.....		84
Tableau 2 – Facteurs de correction d'altitude pour l'échauffement		85
Tableau 3 – Tensions assignées.....		85
Tableau 4 – Niveaux d'isolement assignés (Série I).....		86
Tableau 5 – Niveaux d'isolement assignés (Série II).....		87
Tableau 6 – Paramètres d'essai.....		88
Tableau 7 – Valeurs des facteurs de puissance pour la suite d'essais 4.....		89
Tableau 8 – Valeurs normalisées des TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3 et 4 – Fusibles de classe A – Représentation par deux paramètres – Essais à la tension assignée		90
Tableau 9 – Valeurs normalisées des TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3 et 4 – Fusibles de classe B – Représentation par deux paramètres – Essais à la tension assignée		91
Tableau 10 – Valeurs limites des caractéristiques temps-courant de préarc – Eléments de remplacement de type K		93
Tableau 11 – Valeurs limites des caractéristiques temps-courant de préarc – Eléments de remplacement de type T.....		93
Tableau 12 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux		94
Tableau 13 – Essais diélectriques (lorsque la borne opposée à la borne mise sous tension est mise à la terre lors de l'essai du socle tandis que l'élément de remplacement est retiré)		95
Tableau 14 – Section des conducteurs pour les essais d'échauffement.....		95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 2: Coupe-circuit à expulsion

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60282-2 a été établie par le sous-comité 32A: Fusible haute-tension, du comité d'études 32 de la CEI: Fusibles.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 1995, dont elle constitue une révision technique.

Les changements majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- la classe C a été supprimée ;
- les valeurs de TTR ont été passées en revue et harmonisées, lorsque c'était pertinent, avec la CEI 62271-100 :2001, son amendement 1 (2002) et son amendement 2 (2006) ;
- des essais sur les isolateurs non-céramique ont été introduits ;
- un essai de tenue au choc de courant de foudre pour les éléments de remplacement a été introduit ;
- les séries homogènes ont été redéfinies.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
32A/261/FDIS	32A/264/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60282, présentées sous le titre général *Fusibles à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 2: Coupe-circuit à expulsion

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60282 définit les conditions exigées pour les fusibles à expulsion, destinés à être utilisés à l'extérieur ou à l'intérieur sur des réseaux à courant alternatif 50 Hz et 60 Hz et dont les tensions assignées sont supérieures à 1 000 V.

Les fusibles à expulsion sont des fusibles dans lesquels l'arc est éteint par les effets d'expulsion des gaz produits par l'arc.

Les fusibles à expulsion sont classés suivant leur tenue à la TTR (tension transitoire de rétablissement) en classes A et B.

Cette norme couvre seulement les performances des fusibles comprenant chacun la combinaison spécifiée d'un socle, d'un porte-élément de remplacement et d'un élément de remplacement qui ont été essayés selon cette norme; le fonctionnement de toute autre combinaison n'est pas couvert par cette norme.

Cette norme peut aussi être utilisée pour des fusibles autres qu'à expulsion dans lesquels le processus d'interruption attend un zéro de courant naturel pour le couper.

NOTE 1 Pour tout renseignement complémentaire concernant la sélection de la classe des fusibles, voir l'Article 5 ainsi que l'Article 12.

NOTE 2 Les fusibles nécessaires à la protection des condensateurs et des transformateurs sont sujets à des exigences supplémentaires (voir CEI 60549 [1]¹ et CEI 60787 [2]).

NOTE 3 Cette norme ne couvre pas la manœuvre des courants de charge, ni le pouvoir de fermeture. La CEI 60265-1 [3] donne tout renseignement sur les exigences ayant trait aux pouvoirs de fermeture et de coupure.

NOTE 4 Cette norme ne couvre pas les aspects ayant trait au niveau du bruit, ni à l'émission de gaz chauds propres à certains types de fusibles à expulsion ou similaires pendant l'élimination des défauts.

2 Références normatives

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

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60694:1996, *Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards*²

Amendement 1 (2000)

Amendement 2 (2001)

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

² La CEI 60694, y compris ses 2 amendements, ont été supprimés et remplacés depuis par la CEI 62271-1:2007 [4].

CEI 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

CEI 61109:1992, *Isolateurs composites destinés aux lignes aériennes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 61952:2002, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites rigides à socle pour courant alternatif de tension nominale > 1 000 V*

CEI 62271-100:2001, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

Amendement 1 (2002)

Amendement 2 (2006)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions ci-dessous s'appliquent.

NOTE Certains termes sont tirés de la CEI 60050-151 [5]³ et de la CEI 60050-441 [6], comme indiqué par la référence entre crochets.

3.1 Caractéristiques électriques

3.1.1

valeur assignée

valeur d'une grandeur assignée, généralement par le constructeur, correspondant à une condition de fonctionnement spécifiée d'un composant, dispositif ou équipement

[VEI 151-04-03, modifié]

NOTE Exemples de valeurs assignées généralement indiquées pour des coupe-circuit: tension, courant, pouvoir de coupure.

[VEI 441-18-35]

3.1.2

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

[VEI 151-04-04]

[VEI 441-18-36]

3.1.3

courant présumé (d'un circuit dans le cas d'un court-circuit)

courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle de l'appareil de connexion ou du fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

NOTE La méthode à utiliser pour évaluer et exprimer le courant présumé est à préciser dans les publications correspondantes.

[VEI 441-17-01]

3.1.4

valeur de crête du courant présumé

valeur de crête d'un courant présumé pendant la période transitoire qui suit son établissement

NOTE La définition implique que le courant est établi par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire passant instantanément d'une impédance infinie à une impédance nulle. Pour un circuit ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, il est entendu en outre que le courant est établi simultanément dans tous les pôles même si on ne considère que le courant dans un seul pôle.

³ Les termes cités dans la CEI 60050-151 appartiennent à la première édition (1978). Une deuxième édition, qui annule et remplace la première édition, a été publiée en 2001.

[VEI 441-17-02]

3.1.5

courant coupé présumé

courant présumé évalué à l'instant correspondant au début du phénomène de coupure

NOTE Des spécifications concernant l'instant du début du phénomène de coupure sont données dans les publications particulières. Pour les appareils mécaniques de connexion ou les fusibles, cet instant est habituellement choisi comme l'instant du début d'un arc au cours d'une coupure.

[VEI 441-17-06]

3.1.6

pouvoir de coupure

valeur du courant présumé qu'un appareil de connexion ou un fusible est capable d'interrompre sous une tension fixée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

NOTE 1 La tension à fixer et les conditions à prescrire sont précisées dans les publications particulières.

NOTE 2 Pour les appareils de connexion, le pouvoir de coupure peut être dénommé suivant le type de courant intervenant dans les conditions prescrites, par exemple: pouvoir de coupure de lignes à vide, pouvoir de coupure de câbles à vide, pouvoir de coupure d'une batterie de condensateurs unique, etc.

[VEI 441-17-08]

3.1.7

durée de préarc

durée de fusion

intervalle de temps qui s'écoule à partir du moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer une coupure dans l'élément (ou les éléments) fusible(s) jusqu'à l'instant où un arc commence à se former

[VEI 441-18-21]

3.1.8

durée d'arc

intervalle de temps entre l'instant de début de l'arc sur un pôle ou sur un fusible et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle ou ce fusible

[VEI 441-17-37]

3.1.9

durée de fonctionnement

durée totale de coupure

somme de la durée de préarc et de la durée d'arc

[VEI 441-18-22]

3.1.10

Intégrale de Joule

I^2t

intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné: $I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$

NOTE 1 La valeur I^2t de préarc est l'intégrale I^2t pour la durée de préarc du fusible.

NOTE 2 La valeur I^2t de fonctionnement est l'intégrale I^2t pour la durée de fonctionnement du fusible.

NOTE 3 Dans un circuit protégé par un fusible, l'énergie en joules libérée dans une portion ayant une résistance de 1 Ω est égale à la valeur numérique de I^2t de fonctionnement exprimée en $A^2.s$.

[VEI 441-18-23]

3.1.11**durée virtuelle**

valeur de l'intégrale de Joule divisée par le carré de la valeur du courant présumé

NOTE Les valeurs de durées virtuelles habituellement utilisées pour un élément de remplacement dans le domaine d'application de la présente norme sont les valeurs des durées de préarc.

3.1.12**caractéristiques temps/courant**

courbe donnant le temps, par exemple durée de préarc ou durée de fonctionnement, en fonction du courant présumé dans des conditions déterminées de fonctionnement

[VEI 441-17-13]

3.1.13**tension de rétablissement**

tension qui apparaît entre les bornes d'un appareil de connexion ou d'un fusible après l'interruption du courant

NOTE Cette tension peut être considérée durant deux intervalles de temps consécutifs, l'un durant lequel existe une tension transitoire, suivi par un second intervalle durant lequel la tension de rétablissement à fréquence industrielle ou en régime établi existe seule

[VEI 441-17-25]

3.1.14**tension transitoire de rétablissement****TTR**

tension de rétablissement pendant le temps où elle présente un caractère transitoire appréciable

NOTE 1 La tension transitoire de rétablissement peut être oscillatoire ou non oscillatoire ou être une combinaison de celles-ci selon les caractéristiques du circuit et de l'appareil de connexion. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre du circuit polyphasé.

NOTE 2 Sauf spécification contraire, la tension transitoire de rétablissement pour les circuits triphasés est la tension aux bornes du premier pôle qui coupe, car cette tension est généralement plus élevée que celle qui apparaît aux bornes de chacun des deux autres pôles.

[VEI 441-17-26]

3.1.15**tension de rétablissement à fréquence industrielle**

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[VEI 441-17-27]

3.1.16**tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)**

tension transitoire de rétablissement qui suit la coupure du courant présumé symétrique par un appareil de connexion idéal

NOTE La définition implique que l'appareil de connexion ou le fusible, pour lequel la tension transitoire de rétablissement est recherchée, est remplacé par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément de la valeur zéro à la valeur infinie à l'instant du zéro de courant, c'est-à-dire au zéro «naturel». Pour des circuits ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, on suppose en outre que la coupure du courant par l'appareil de connexion idéal n'a lieu que sur le pôle considéré.

[VEI 441-17-29]

3.2 Coupe-circuit et leurs éléments (voir Figure 1)**3.2.1****fusible**

appareil dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments spécialement conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le

courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée. Le fusible comprend toutes les parties qui constituent l'appareil complet

[VEI 441-18-01]

3.2.2

borne (en tant que composant)

partie conductrice d'un dispositif, d'un circuit électrique ou d'un réseau électrique, destinée à le connecter à un ou plusieurs conducteurs extérieurs

NOTE Le terme « borne » désigne aussi un point de connexion en théorie des circuits.

[VEI 151-12-12]

3.2.3

socle

partie fixe d'un fusible munie de contacts et de bornes

[VEI 441-18-02]

3.2.4

contact d'un socle

pièce de contact d'un socle destinée à être mise en contact avec une partie correspondante du fusible

[VEI 441-18-03]

3.2.5

porte-élément de remplacement

partie amovible d'un fusible destinée à recevoir un élément de remplacement

[VEI 441-18-13]

3.2.6

contact d'un porte-élément de remplacement

pièce de contact d'un porte-élément de remplacement destinée à être mise en contact avec une partie correspondante du fusible

[VEI 441-18-05]

3.2.7

ensemble-porteur

combinaison d'un socle et de son porte-élément de remplacement

[VEI 441-18-14]

3.2.8

élément de remplacement

partie d'un fusible comprenant (les) élément(s) fusible(s) et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible

[VEI 441-18-09]

3.2.9

contact d'un élément de remplacement

pièce de contact d'un élément de remplacement destinée à être mise en contact avec une partie correspondante du fusible

[VEI 441-18-04]

3.2.10

élément fusible

partie de l'élément de remplacement destinée à fondre sous l'action d'un courant dépassant une valeur déterminée pendant une durée déterminée

[VEI 441-18-08]

3.2.11

élément de remplacement rechargeable

élément de remplacement, qui après son fonctionnement, peut être remis en état au moyen d'une recharge

[VEI 441-18-16]

3.2.12

recharge

ensemble de pièces de rechange destiné à remettre un élément de remplacement dans son état initial après fonctionnement

[VEI 441-18-15]

3.3 Termes supplémentaires

3.3.1

fusible à expulsion

fusible dont le fonctionnement est assuré par l'expulsion des gaz produits par l'arc

[VEI 441-18-11]

3.3.2

fusibles à ouverture automatique

fusible dont le porte-élément de remplacement prend automatiquement une position établissant une distance de sectionnement après fonctionnement du fusible

[VEI 441-18-07]

3.3.3

série homogène (d'éléments de remplacement)

série d'éléments de remplacement dont chacun ne diffère de l'autre que par des caractéristiques telles que, pour un essai donné, l'essai d'un seul ou d'un nombre réduit d'éléments de remplacement déterminés de la série peut être considéré comme représentatif de tous les éléments de remplacement de la série

NOTE Les publications particulières spécifient les caractéristiques par lesquelles les éléments de remplacement d'une série homogène peuvent différer les uns des autres, les éléments de remplacement spécifiques à essayer et l'essai particulier à considérer.

[VEI 441-18-34]

NOTE Voir aussi 8.6.1.2, 8.6.1.4 et 8.6.3.1.

3.3.4

distance de sectionnement (pour un fusible)

la plus courte distance entre les contacts du socle ou toutes parties conductrices qui leur sont raccordées, mesurée sur un fusible:

- a) pour un fusible à ouverture automatique, avec le porte-fusible en position ouverte;
- b) pour les fusibles sans ouverture automatique, avec l'élément de remplacement ou le porte-élément de remplacement retiré.

[VEI 441-18-06, modifié]

3.3.5

désignation de vitesse des éléments de remplacement (pour les fusibles à expulsion)

désignation exprimée par des lettres telles que K ou T, associée au rapport entre les valeurs des courants de préarc pour deux valeurs spécifiées de durée de pré-arc

NOTE 1 K et T sont les lettres typiquement utilisées pour la désignation de vitesse.

NOTE 2 Les durées de pré-arc sont habituellement déclarées pour 0,1 s and 300 s (or 600 s).

NOTE 3 Les éléments de remplacement sont généralement désignés par leur courant assigné suivi par la désignation de vitesse, par exemple un élément de remplacement est un élément de remplacement 125 K est un élément de remplacement assigné à 125 A de désignation de vitesse de type K.

3.3.6

interchangeabilité des éléments de remplacement

compatibilité des dimensions et des caractéristiques temps/courant de préarc entre éléments de remplacement de constructeurs différents, permettant l'utilisation de tels éléments de remplacement dans des porte-éléments de remplacements d'autres constructeurs, sans modification sensible des caractéristiques temps/courant de préarc

NOTE Il convient de noter que la caractéristique de protection et d'interruption offerte par la combinaison de l'élément de remplacement choisi et du porte-élément de remplacement choisi ne peut être assurée que par l'essai de fonctionnement de la combinaison particulière.

3.3.7

fusible-déconnecteur de distribution

fusible à ouverture automatique constitué d'un socle, d'un porte-élément de remplacement recouvert de matériau extingueur d'arc, et d'un élément de remplacement ayant une queue souple et un tube d'extinction de petit diamètre entourant l'élément fusible

3.3.8

élément de remplacement ouvert de fusible-déconnecteur

fusible-déconnecteur sans porte-élément de remplacement et dont le socle reçoit directement un élément de remplacement ouvert ou un couteau de sectionnement

3.3.9

élément de remplacement ouvert

partie remplaçable ou ensemble comprenant un élément fusible et un tube à fusible, ainsi que les parties nécessaires au confinement et à l'extinction de l'arc et les pièces de raccordement direct aux pinces de son socle

4 Conditions de service

4.1 Conditions normales de service

Les fusibles répondant à la présente norme sont destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

- a) La température maximale de l'air ambiant est de 40 °C et sa valeur moyenne mesurée sur une période de 24 h ne dépasse pas 35 °C. Les radiations solaires ne dépassent pas 1 kW/m² :
 - pour les installations à l'intérieur, les valeurs préférentielles de la température minimale de l'air ambiant sont –5 °C, –15 °C et –25 °C;
 - pour les installations à l'extérieur, les valeurs préférentielles de la température minimale de l'air ambiant sont –10 °C, –25 °C, –30 °C et –40 °C.

NOTE 1 L'attention est attirée sur le fait que les caractéristiques temps/courant des fusibles peuvent être influencées par des variations de la température ambiante.

- b) Le niveau de pollution tel que défini dans la CEI 60815, Article 3, ne dépasse pas le niveau de pollution II – Moyen conformément au Tableau 1 de la CEI 60815.
- c) Pour des installations à l'intérieur, seule la condensation normale est présente.
- d) Pour des installations à l'extérieur, la pression du vent ne dépasse pas 700 Pa (correspondant à une vitesse de vent de 34 m/s).
- e) L'altitude n'excède pas 1 000 m.

NOTE 2 Lorsque les fusibles sont destinés à être utilisés au-dessus de 1 000 m, il convient que le niveau d'isolement spécifié soit déterminé en multipliant le niveau d'isolement normal des Tableaux 4 et 5 par le facteur de correction approprié donné dans le Tableau 1, ou en réduisant les surtensions par l'utilisation d'appareils limiteurs de surtensions appropriés.

NOTE 3 Le courant assigné du matériel ou l'échauffement défini dans le Tableau 12 peut être corrigé pour des altitudes supérieures à 1 000 m en utilisant les facteurs appropriés donnés dans le Tableau 2,

respectivement dans les colonnes 2 et 3. Un seul des facteurs donnés dans les colonnes 2 ou 3 sera utilisé, mais non les deux.

4.2 Conditions spéciales de service

Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, les fusibles haute tension peuvent être utilisés dans des conditions différentes de celles décrites en 4.1.

Pour toute condition spéciale de service, le constructeur doit être consulté.

5 Classification et désignation

5.1 Classification

Pour une caractéristique donnée, deux classes de fusible à expulsion sont définies, selon leur aptitude à tenir les exigences de TTR des tableaux suivants pour les suites d'essais 1, 2, 3 et 4 (voir l'Annexe A pour une aide à un choix judicieux):

- a) Classe A – Tableau 8;
- b) Classe A – Tableau 9.

NOTE 1 Ces classes correspondent à peu près aux exigences de TTR des normes existantes suivantes:

- Classe A : CEI 60282-2 (1970) [7]⁴: (Fusibles de classe 2), et IEEE C37.41 (fusible-déconnecteur de distribution [8] ;
- Classe B : CEI 60282-2 (1970): ((Fusibles de classe 1), et IEEE C37.41 (fusibles de classe de puissance) [7].

NOTE 2 Les paramètres utilisés pour définir les TTR sont décrits par les Figures 6 et 7.

5.2 Désignation des vitesses des éléments de remplacement

Certains types d'éléments de remplacement sont désignés tels que, par exemple, «type T» ou «type K», selon leur conformité avec des caractéristiques spécifiques temps/courant de préarc.

Une telle désignation peut permettre l'interchangeabilité (voir 3.3.8) entre les autres éléments de remplacement de constructeurs pour être utilisés dans des fusibles-déconnecteurs de distribution.

- a) Appellation de type K: éléments de remplacement rapides dont la caractéristique temps/courant de préarc est conforme au Tableau 10.
- b) Appellation de type T: éléments de remplacement lents dont la caractéristique temps/courant de préarc est conforme au Tableau 11.

6 Caractéristiques assignées

6.1 Généralités

Les caractéristiques assignées du coupe-circuit à fusibles et sa classification selon 5.1, sont fondées sur les conditions de service définies pour lesquelles il est conçu et construit. Ces caractéristiques assignées sont les suivantes:

- a) Coupe-circuit à fusibles (complet)
 - Tension assignée (voir 6.2)
 - Courant assigné (voir 6.3)
 - Fréquence assignée (voir 6.4)
 - Pouvoir de coupure assigné (voir 6.5)
 - Niveau d'isolement assigné (voir 6.6)
- b) Socle
 - Tension assignée (voir 6.2)

⁴ Le premier édition ont été supprimés et remplacés depuis par éditions plus récent.

- Courant assigné (voir 6.3)
- Niveau d'isolement assigné (voir 6.6)
- c) Porte-élément de remplacement
 - Tension assignée (voir 6.2)
 - Courant assigné (voir 6.3)
 - Fréquence assignée (voir 6.4)
 - Pouvoir de coupure assigné (voir 6.5)
- d) Élément de remplacement
 - Tension assignée (voir 6.2)
 - Courant assigné (voir 6.3)

6.2 Tension assignée

Tension utilisée dans la désignation du fusible, du socle, du porte-élément de remplacement ou de l'élément de remplacement, à partir de laquelle les conditions d'essais sont déterminées.

La tension assignée doit être choisie dans les valeurs du Tableau 3.

NOTE Cette tension assignée est égale à la plus haute tension pour le matériel.

Deux séries de tensions les plus hautes pour le matériel sont données dans le Tableau 3, l'une pour les réseaux à 50 Hz et à 60 Hz (série I) et l'autre pour les réseaux à 60 Hz (série II – pratique Nord-Américaine). Il est recommandé qu'une seule de ces séries soit utilisée dans chaque pays.

6.3 Courant assigné

6.3.1 Généralités

Le courant assigné doit être le courant utilisé dans la désignation du coupe-circuit à fusibles, du socle, du porte-élément de remplacement ou de l'élément de remplacement pour lesquels sont déterminées les conditions d'essai.

Il convient que le courant assigné soit choisi dans la série R10.

NOTE La série R10 comprend les nombres: 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 et leurs multiples par 10ⁿ.

6.3.2 Coupe-circuit à fusibles (complet)

Le courant assigné d'un coupe-circuit à fusibles doit être égal au courant assigné de l'élément de remplacement qu'il contient.

6.3.3 Socle

Le courant assigné d'un socle doit être le courant maximal qu'un socle neuf et propre peut supporter en permanence sans que sa température et son échauffement ne dépassent les valeurs spécifiées lorsqu'il est équipé d'un porte-élément de remplacement et d'un élément de remplacement du même courant assigné, conçus pour être utilisés avec le socle considéré et raccordé au circuit au moyen de conducteurs de section et de longueur spécifiées, et pour une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

Les valeurs préférentielles de courant assigné du socle sont

50 – 100 – 200 – 315 – 400 – 630 A.

6.3.4 Porte-élément de remplacement

Le courant assigné d'un porte-élément de remplacement doit être le courant maximal qu'un porte-élément de remplacement neuf équipé d'un élément de remplacement du même courant assigné peut supporter en permanence sans que sa température et son échauffement ne dépassent les valeurs spécifiées, lorsqu'il est monté sur le socle spécifié par le constructeur, à une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

6.3.5 Élément de remplacement

Le courant assigné d'un élément de remplacement doit être le courant maximal qu'un élément de remplacement neuf peut supporter en permanence sans que sa température ou son échauffement ne dépasse les valeurs spécifiées, lorsqu'il est monté sur un socle, et éventuellement dans un porte-élément de remplacement spécifié par le constructeur à une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

Les valeurs suivantes pour les éléments de remplacement appelés type K et type T sont recommandées:

- valeurs préférentielles (en ampères): 6,3 – 10 – 16 – 25 – 40 – 63 – 100 – 160 – 200 ;
- valeurs intermédiaires (en ampères): 8 – 12,5 – 20 – 31,5 – 50 – 80.

NOTE Dans certains pays, les valeurs de 1 – 2 – 3 – 6 – 12 – 15 – 30 – 65 et 140 A sont aussi utilisées.

6.4 Fréquence assignée

La fréquence assignée doit être la fréquence industrielle pour laquelle le coupe-circuit à fusibles a été conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques assignées.

Les valeurs normalisées de fréquence assignée sont 50 Hz, 50/60 Hz et 60 Hz.

6.5 Pouvoir de coupure assigné

Le pouvoir de coupure assigné d'un coupe-circuit à fusibles et d'un porte-élément de remplacement doit être la valeur efficace du courant coupé symétrique maximal spécifié en kiloampères (kA) lorsqu'il est essayé selon la présente norme.

6.6 Niveau d'isolement assigné (d'un coupe-circuit à fusibles ou d'un socle)

Le niveau d'isolement assigné doit être choisi parmi les valeurs de tension (à fréquence industrielle comme au choc) figurant dans les Tableaux 4 et 5.

Les valeurs de la tension de tenue des tableaux correspondent aux conditions atmosphériques normales de référence pour la température (20 °C), la pression (101,3 kPa) et l'humidité (11 g/m³) spécifiées dans la CEI 60071-1.

NOTE Deux niveaux de tenue diélectrique sont reconnus pour le socle selon la pratique de la CEI. Ils sont appelés «Liste 1» et «Liste 2», et se rapportent à différentes sévérités d'application et aux différentes valeurs de tension d'essai diélectrique correspondantes. Voir la CEI 60071-2 [9].

Les valeurs assignées de tension de tenue aux chocs de foudre (U_p) et aux tensions à fréquence industrielle (U_d) doivent être choisies sans couper de ligne horizontale marquée. Le niveau d'isolement assigné d'un coupe-circuit à fusibles ou d'un socle est spécifié par la tension assignée de tenue aux chocs de foudre entre phase et terre, selon les Tableaux 4 ou 5.

Les valeurs de tenues «sur la distance de sectionnement» ne s'appliquent qu'aux socles dont l'espace entre contacts ouverts est conçu pour satisfaire les exigences de sécurité spécifiées pour les sectionneurs.

Les niveaux d'isolement assignés peuvent aussi être choisis dans les valeurs supérieures à celles correspondant à la tension assignée du coupe-circuit à fusibles ou du socle.

On doit spécifier si le fusible-déconnecteur est utilisable à l'intérieur et/ou à l'extérieur.

7 Conditions normalisées d'emploi et de comportement

7.1 Conditions normalisées d'emploi relatives au pouvoir de coupure

Les coupe-circuit à fusibles doivent être capables de couper correctement toute valeur de courant présumé, quelle que soit la composante continue, à condition que:

- la composante alternative n'excède pas le pouvoir de coupure assigné;
- la tension transitoire de rétablissement présumée et sa vitesse d'accroissement ne soient pas supérieures à celles spécifiées dans les Tableaux 8 et 9 pour les classes A et B;

- la tension de rétablissement à fréquence industrielle n'excède pas celle spécifiée par le Tableau 6 (voir 12.3.3 et 12.3.4 pour les conditions spéciales);
- la fréquence soit comprise entre 48 Hz et 62 Hz pour les coupe-circuit de fréquence assignée 50 Hz et 50/60 Hz, et entre 58 Hz et 62 Hz pour ceux dont la fréquence assignée est 60 Hz;
- le facteur de puissance ne soit pas inférieur à celui utilisé pour les essais spécifiés dans les Tableaux 6 et 7.

Lorsque les coupe-circuit à fusibles sont utilisés sur des réseaux dont la tension est inférieure à leur tension assignée, le pouvoir de coupure en kiloampères n'est pas inférieur au pouvoir de coupure assigné.

7.2 Conditions normalisées de fonctionnement en ce qui concerne le pouvoir de coupure

Dans les conditions d'emploi définies en 7.1, le comportement du coupe-circuit à fusibles doit être le suivant:

- a) Il ne doit pas se produire d'amorçage pendant la coupure. Le constructeur de fusibles a la responsabilité d'inclure, dans la documentation et sur l'emballage, un avertissement de possibilité d'émission de gaz chauds et de particules pendant la fusion du coupe-circuit.
- b) Après le fonctionnement du fusible, ses parties doivent être sensiblement dans les mêmes conditions qu'avant, sauf celles dont le remplacement est prévu après chaque fonctionnement. Dans le cas des fusibles à expulsion, l'érosion de l'alésage du porte-élément de remplacement est acceptée. Après remplacement des pièces prévues, le fusible doit être capable de supporter son courant assigné sous sa tension assignée. Aucune détérioration due au fonctionnement ne doit gêner l'ouverture automatique, le cas échéant, ni la possibilité de remplacer facilement le porte-élément de remplacement.

Il est cependant permis que des parties destinées à fixer l'élément de remplacement dans les fusibles rechargeables soient légèrement endommagées, à condition que cette détérioration ne risque pas d'empêcher le remplacement de l'élément fusible fondu, ni de réduire le pouvoir de coupure du fusible, ni de modifier ses caractéristiques de fonctionnement ou d'augmenter son échauffement en service normal. La limitation de tels dommages peut être normalement vérifiée par examen visuel du fusible.

- c) Après fonctionnement, la tenue diélectrique entre bornes du fusible peut être réduite à la tension de rétablissement à fréquence industrielle (voir Article 12).
- d) De petites marques d'érosion par l'arc au niveau du contact supérieur peuvent apparaître pendant le fonctionnement d'un fusible à ouverture automatique, surtout à faibles courants de coupure, et sont acceptables.
- e) La durée de préarc doit rester dans les limites de la caractéristique temps/courant fournie par le constructeur.

7.3 Caractéristiques temps/courant

7.3.1 Généralités

Les caractéristiques temps/courant des éléments de remplacement sont basées sur l'application du courant à un élément de remplacement neuf et non contraint, sur un socle spécifié par le constructeur.

Sauf spécification contraire, on doit supposer que les caractéristiques temps/courant s'appliquent à une température de l'air ambiant de 20 °C.

Le constructeur doit fournir des courbes déterminées à partir des résultats obtenus lors des essais de vérification de la caractéristique temps/courant spécifiés en 8.7.

Les caractéristiques temps/courant doivent être présentées avec le courant en abscisse et le temps en ordonnée.

Des échelles logarithmiques doivent être utilisées sur chacun des axes de coordonnées.

Les bases des échelles logarithmiques (dimensions d'une décade) doivent être dans le rapport 2:1, la plus grande dimension étant en abscisse. Cependant, un rapport 1:1 (5,6 cm) est aussi admis (pratique nord-américaine).

Lorsque le rapport 2:1 est utilisé, la présentation doit être faite sur une feuille de format normalisé A3 ou A4. Si le rapport 1:1 est utilisé, la présentation peut être faite suivant les habitudes nord-américaines.

Les dimensions des décades doivent être choisies dans les séries suivantes:

2 cm – 4 cm – 8 cm – 16 cm

et

2,8 cm – 5,6 cm – 11,2 cm

NOTE Il est recommandé d'utiliser, si possible, les valeurs soulignées.

Les courbes doivent indiquer:

- la durée de préarc ou de fonctionnement;
- la relation entre la durée et le courant symétrique efficace présumé au moins dans la gamme 0,01 s à 300 s ou 600 s, selon le courant assigné de l'élément de remplacement;
- le type, les caractéristiques assignées et la désignation de vitesse de l'élément de remplacement auquel les courbes s'appliquent;
- si la courbe représente les valeurs minimales de temps et de courant, les points réels obtenus par essais doivent se trouver à droite de la courbe, à moins d'une distance correspondant à 0–20 % de l'échelle de temps. Si la courbe représente des valeurs moyennes de durées et de courant, les points réels obtenus par essais doivent se situer à moins d'une distance correspondant à 10 % de l'échelle de courant. Les tolérances s'appliquant dans la gamme 0,01 s à 300 s ou 600 s, selon le courant assigné de l'élément de remplacement.

7.3.2 Caractéristiques temps/courant de préarc pour les éléments de remplacement désignés type K et type T

Les caractéristiques temps/courant de préarc maximales et minimales fournies par le constructeur doivent se situer dans les zones données par les Tableaux 10 et 11.

7.4 Température et échauffement

Le socle, le porte-élément de remplacement et l'élément de remplacement doivent conduire leurs courants assignés de façon permanente, sans que les températures et échauffements ne dépassent les valeurs limites spécifiées au Tableau 12. Ces limites ne doivent pas être dépassées, même lorsque le courant assigné de l'élément de remplacement est égal au courant assigné du porte-élément de remplacement prévu pour recevoir cet élément de remplacement.

L'état des parties des éléments de remplacement dont la température ne peut pas être mesurée facilement pendant ces essais (par exemple, les petits tubes d'extinction des fusibles de distribution), doit être vérifié par examen visuel.

7.5 Compatibilité électromagnétique

Les fusibles entrant dans le domaine d'application de la présente norme ne sont pas sensibles aux perturbations électromagnétiques et aucun essai d'immunité n'est donc nécessaire. Les seules perturbations susceptibles d'être produites par un fusible sont une perturbation radioélectrique ou une tension de coupure. La première est considérée comme négligeable pour les fusibles de tension assignée inférieure à 123 kV. La seconde ne se produit qu'au moment où le fusible fonctionne et, puisque les surtensions de manœuvre produites par les fusibles autres que limiteurs sont réduites, aucun essai d'émission n'est jugé nécessaire. Les exigences de tension de perturbation radioélectrique spécifiées dans la CEI 60694 s'appliquent aux fusibles de tension assignée supérieure ou égale à 123 kV.

7.6 Exigences mécaniques (pour les fusibles-déconnecteurs de distribution)

7.6.1 Socles et porte-élément de remplacement

Le fusible doit être en bon état de fonctionnement après l'essai de 8.8.1.

7.6.2 Eléments de remplacement

7.6.2.1 Effort statique

Pendant les essais de 8.8.2.1, les éléments de remplacement doivent être capables de tenir l'effort de traction spécifié sans modification de leurs caractéristiques électriques ou mécaniques.

7.6.2.2 Effort dynamique

Les éléments de remplacement doivent effectuer 20 manœuvres selon 8.8.2.2 sans modification de leurs caractéristiques mécaniques ou électriques.

8 Essais de type

8.1 Conditions d'exécution des essais

Les essais de type sont des essais faits pour vérifier qu'un type ou un modèle particulier de coupe-circuit est conforme aux caractéristiques spécifiées et fonctionne de façon satisfaisante dans des conditions normales de fonctionnement ou dans des conditions spéciales spécifiées. Les essais de type sont exécutés sur des échantillons pour vérifier les caractéristiques spécifiées pour tous les coupe-circuit à fusibles du même modèle.

Ces essais ne doivent être répétés que si la construction est modifiée de telle façon qu'elle puisse modifier le bon fonctionnement. Par exemple, si un isolateur sans céramique remplace un isolateur en céramique, des essais diélectriques, de coupure, de perturbations radioélectriques, mécaniques et de pollution artificielle doivent être répétés.

Pour des facilités d'essais, et avec l'accord préalable du constructeur, les valeurs prescrites pour les essais, notamment les tolérances, peuvent être modifiées de sorte d'accroître la sévérité des essais. Lorsqu'une tolérance n'est pas spécifiée, les essais de type doivent être effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles qui sont spécifiées. Les limites supérieures sont soumises à l'accord du constructeur. Les essais de type à des valeurs supérieures aux caractéristiques assignées ne sont pas exigés.

Si des essais de conformité sont effectués dans des conditions plus sévères que celles obtenues pendant les essais de type d'origine, la responsabilité du constructeur doit être limitée aux valeurs assignées.

8.2 Liste des essais de type et des rapports d'essais

8.2.1 Liste des essais de type

Les essais de type à effectuer dans n'importe quel ordre, après la mise au point d'un modèle, ou à la suite d'une modification affectant le bon fonctionnement, sont les suivants:

- essais diélectriques;
- essais d'échauffement;
- essais de coupure;
- essais de vérification de la caractéristique temps/courant;
- essais de perturbations radioélectriques (pour les fusibles de tension assignée supérieure ou égale à 123 kV);
- essais mécaniques (pour les socles et les éléments de remplacement);
- essais de pollution artificielle quand cela est applicable.

8.2.2 Rapports d'essais

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des rapports d'essais avec toutes les données nécessaires pour prouver la conformité à la présente norme.

Les rapports doivent mentionner le nom du constructeur et la (les) référence(s) du type de socle, de porte-élément de remplacement et d'élément de remplacement, et tous détails spécifiés pouvant affecter le bon fonctionnement du fusible. Ces données doivent permettre d'identifier, sans ambiguïté, le modèle essayé et le montage du fusible par le laboratoire d'essais.

Les détails des montages d'essais, y compris les positions des pièces métalliques, doivent aussi être relevés.

Lorsque les rapports d'essais ne comprennent pas toutes les cinq séries d'essais pour un même type de fusible, ceci doit être clairement indiqué au début du rapport.

8.3 Règles d'essais communes à tous les essais de type

8.3.1 Etat de l'appareil en essai

L'appareil doit être neuf, propre et en bon état. Il doit être monté selon les instructions du constructeur qui doivent être notées.

8.3.2 Montage du coupe-circuit

Le coupe-circuit doit être monté de façon aussi proche que possible de ses conditions normales de service ou des conditions données dans les instructions écrites du constructeur, dans la position normale de service pour laquelle il a été conçu, les parties métalliques du châssis mises à la terre. Les connexions doivent être disposées de façon à ne pas réduire les distances d'isolement normales.

8.4 Essais diélectriques

8.4.1 Règles d'essais

Les règles d'essais diélectriques doivent être telles que spécifiées en 8.3, avec les exigences supplémentaires suivantes:

a) Montage

Pour les dispositions multipolaires de coupe-circuit, la distance entre pôles doit avoir la valeur minimale spécifiée par le constructeur.

b) Connexions

Les connexions doivent être faites au moyen de conducteurs nus, raccordés à chaque borne. Ces conducteurs doivent être disposés sensiblement en ligne droite sans support, à partir des bornes du coupe-circuit, sur une distance au moins égale à la distance de sectionnement du coupe-circuit à fusibles.

8.4.2 Points d'application de la tension d'essai pour les essais aux ondes de choc et à fréquence industrielle

En se référant à la Figure 2 qui montre un schéma des connexions d'une disposition tripolaire de fusibles, la tension d'essai spécifiée dans les Tableaux 4 ou 5 doit être appliquée selon le Tableau 13:

a) A la tension de tenue assignée à la terre et entre pôles:

- entre les bornes et toutes les parties métalliques mises à la terre avec l'élément de remplacement et son porte-élément de remplacement complètement monté, prêt à servir, en position «fermé». On applique les conditions 1 à 3 du Tableau 13;
- entre chaque borne et toutes les parties métalliques mises à la terre avec l'élément de remplacement monté et le porte-élément de remplacement en position «ouvert». On applique les conditions 4 à 9 du Tableau 13.

b) Entre bornes à la tension de tenue assignée sur la distance de sectionnement:

- pour les coupe-circuit à ouverture automatique, le porte-élément de remplacement doit être en position « ouvert pendant »;
- pour les autres types, le porte-élément de remplacement doit être enlevé du socle.

On applique les conditions 4 à 9 du Tableau 13.

Pour les coupe-circuit uni et bipolaire, ne prendre en compte que les symboles applicables de la Figure 2 et du Tableau 13, et négliger les autres.

8.4.3 Tension d'essai

Les tensions d'essai à utiliser doivent avoir les valeurs applicables des Tableaux 4 et 5 corrigées pour les conditions atmosphériques selon la CEI 60060-1.

8.4.4 Essais à sec à la tension de choc de foudre

Les coupe-circuit doivent être soumis à des essais à sec de tension de choc de foudre.

Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités, positive et négative, au moyen de l'onde de choc normalisée 1,2/50 μ s, selon la CEI 60060-1.

Une des procédures suivantes, selon l'Article 20 de la CEI 60060-1, peut être utilisée:

- procédure B avec 15 chocs consécutifs dans chaque condition d'essai et dans chaque polarité; ou
- procédure C avec trois chocs consécutifs dans chaque condition d'essai et dans chaque polarité.

On doit considérer que le coupe-circuit a satisfait à l'essai si les exigences spécifiées dans la CEI 60060-1 concernant le nombre de décharges disruptives sont satisfaites.

8.4.5 Essais à sec à la tension à fréquence industrielle

Les coupe-circuit doivent être soumis à des essais à sec de tension à fréquence industrielle de 1 min, selon la CEI 60060-1.

Si un contournement ou une perforation se produit, on doit considérer que le coupe-circuit n'a pas satisfait à l'essai.

8.4.6 Essais sous pluie à la tension à fréquence industrielle

Les coupe-circuit de type extérieur doivent être soumis à des essais sous pluie à la tension à fréquence industrielle, dans les conditions spécifiées en 8.4.5 et dans la CEI 60060-1. La durée d'essai doit être celle qui est spécifiée dans les Tableaux 4 ou 5.

8.4.7 Essai de perturbations radioélectriques pour les coupe-circuit de tension assignée 123 kV et supérieure

L'essai doit être effectué selon la CEI 60694.

8.5 Essais d'échauffement

8.5.1 Règles d'essais

Les essais d'échauffement doivent être effectués sur un coupe-circuit unipolaire, conformément aux indications de 8.3, avec un courant d'essai égal au courant assigné du socle ou du porte-élément de remplacement, et avec les conditions supplémentaires suivantes.

Les essais doivent être effectués avec l'élément de remplacement du plus fort courant assigné possible, c'est-à-dire le même que celui du porte-élément de remplacement.

8.5.2 Disposition de l'appareil

L'essai doit être fait dans une salle fermée, pratiquement exempte de courants d'air, exception faite de ceux provoqués par l'échauffement du dispositif en essai.

Le coupe-circuit à fusibles doit être monté en respectant les instructions données par le constructeur, dans la position la plus défavorable et il doit être raccordé au circuit d'essai par des conducteurs en cuivre nu de la façon suivante:

- chaque conducteur doit avoir une longueur approximative de 1 m et être monté dans un plan parallèle à la surface de montage du coupe-circuit à fusibles, mais il peut avoir

n'importe quelle direction dans ce plan. Les sections des conducteurs sont données dans le Tableau 14.

Il n'est pas nécessaire de prendre en considération les distances d'isolement normales.

Les essais doivent être faits à une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz. Chaque essai doit être fait pendant une période suffisamment longue pour que l'échauffement atteigne une valeur constante (cette condition est considérée comme pratiquement réalisée lorsque la variation de l'échauffement n'excède pas 1 K/h).

8.5.3 Mesurage de la température et de l'échauffement

Toutes précautions doivent être prises pour réduire les variations et les erreurs dues à l'inertie thermique entre le coupe-circuit et les variations de la température de l'air ambiant.

La température des différentes parties pour lesquelles des limites sont spécifiées doit être mesurée avec des thermocouples ou des thermomètres de type convenable, placés au point le plus chaud accessible et fixés de façon à obtenir une bonne conduction de la chaleur.

Pour les mesurages avec des thermomètres ou des thermocouples, les précautions suivantes doivent être prises:

- a) les réservoirs des thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre le refroidissement venant de l'extérieur (laine sèche et propre, etc.). La surface protégée doit cependant être négligeable en comparaison de la surface de refroidissement de l'appareil en essai;
- b) une bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie en essai doit être assurée;
- c) lorsque des thermomètres à réservoir sont employés à des endroits où existent des champs magnétiques variables, il est recommandé d'employer des thermomètres à alcool de préférence aux thermomètres à mercure, ces derniers pouvant être influencés dans ces conditions.

8.5.4 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant le coupe-circuit (pour des coupe-circuit sous enveloppe, c'est la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe). Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins trois thermomètres, thermocouples ou autres dispositifs capteurs de température disposés régulièrement autour du coupe-circuit, à environ la hauteur moyenne des parties parcourues par le courant et à une distance d'environ 1 m du coupe-circuit. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de la chaleur.

En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être immergés dans de petits flacons contenant environ un demi-litre d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. Si cela n'est pas possible du fait des conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un coupe-circuit identique placé dans les mêmes conditions, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant.

La température de l'air ambiant pendant les essais doit être comprise entre 10 °C et 40 °C. Aucune correction des échauffements observés ne doit être faite pour des températures de l'air ambiant comprises dans ces limites.

8.6 Essais de coupure

8.6.1 Règles d'essais

8.6.1.1 Généralités

Les règles d'essais doivent être comme spécifiées en 8.3 et comme suit.

8.6.1.2 Description des essais à effectuer

Les essais de coupure doivent être effectués avec un courant alternatif monophasé.

Les essais doivent être faits conformément aux instructions données dans les Tableaux 6 à 9, selon l'application, et doivent comprendre les cinq séries suivantes:

Suite d'essais 1: Vérification du pouvoir de coupure assigné (I_1)

Suites d'essais 2 et 3: Vérification du pouvoir de coupure dans les deux zones de courant de défaut suivantes (I_2 et I_3)

- Suite d'essais 2 : de $0,6 I_1$ à $0,8 I_1$
- Suite d'essais 3 : de $0,2 I_1$ à $0,3 I_1$

Suites d'essais 4 et 5: Vérification du pouvoir de coupure correspondant au fonctionnement du coupe-circuit sur des courants de défaut relativement faibles (I_4 et I_5)

- Suite d'essais 4 : de 400 A à 500 A
- Suite d'essais 5 : de $2,7 I_r$ à $3,3 I_r$ avec un minimum de 15 A
(I_r étant le courant assigné de l'élément de remplacement).

Si le coupe-circuit ne doit être utilisé que sur des circuits triphasés, la suite d'essais 1 peut être remplacée par:

- une série d'essais 1 à une tension de 87 % de U_r et un courant de I_1 , et
- une série d'essais 1 à une tension de U_r et un courant de 87 % de I_1 .

NOTE 87 % de U_r représente la tension simple multipliée par un facteur de premier pôle de 1,5. 87 % de I_1 représente un courant de défaut entre phases coupé par un seul fusible, ou le courant coupé par le second coupe-circuit coupant un défaut triphasé isolé.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer les essais de coupure sur des fusibles équipés d'éléments de remplacement ou de recharges de tous les courants assignés d'une série homogène. Voir 8.6.3.1 pour les exigences à satisfaire et le Tableau 6, si applicable, pour les essais à effectuer.

8.6.1.3 Caractéristiques du circuit d'essai

Les éléments de circuit utilisés pour régler le courant et le facteur de puissance doivent être montés en série comme indiqué en Figure 3.

La fréquence industrielle du circuit d'essai doit être comprise entre 58 Hz et 62 Hz pour les fusibles de fréquence assignée 60 Hz, et entre 48 Hz et 52 Hz pour les fusibles 50 Hz ou 50/60 Hz.

Les caractéristiques du circuit d'essai sont spécifiées dans les Tableaux 6 à 9.

Si les TTR présumées spécifiées ne peuvent pas être atteintes avec le circuit d'essai monophasé conventionnel mis à la terre selon la Figure 3, le laboratoire d'essai peut mettre à la terre le circuit en n'importe quel point permettant d'obtenir la TTR spécifiée. Dans tous les cas, le laboratoire d'essai doit consigner le circuit d'essai réel et, si nécessaire, justifier sa mise à la terre.

8.6.1.4 Echantillons d'essais

Les essais doivent être effectués avec des éléments de remplacement ou des recharges du même constructeur que le porte-élément de remplacement, ou selon la spécification.

En effectuant les essais des coupe-circuit rechargeables, seul l'élément de remplacement, la recharge ou d'autres parties normalement remplaçables doivent être remplacées. Cependant, un porte-élément de remplacement neuf ou un socle neuf peut être utilisé selon le Tableau 6, le cas échéant.

Quand le même porte-élément de remplacement doit être utilisé pour les essais sur les courants assignés maximal et minimal d'une série homogène (par exemple la suite d'essais 3) l'ordre des essais doit être du plus petit au plus grand courant assigné de la série.

Il convient que tout accessoire prévu pour l'utilisation du coupe-circuit soit inclus dans les échantillons en essai. La modification ou/et l'adjonction de certains accessoires créent de nouvelles combinaisons qui doivent être soumises à une série d'essais complète. La liste suivante donne quelques exemples:

- capsule limitant la pression;
- dispositif facultatif de contrôle d'échappement;
- tige raccourcissant l'arc pour les coupe-circuit à expulsion à simple soufflage.

8.6.1.5 Disposition de l'appareil

Pour les suites d'essai 1 et 2, les connexions d'essai doivent être soutenues fermement à une distance (d) des bornes du socle, comme indiqué à la Figure 4, pour éviter que les mouvements des conducteurs d'essai n'exercent des contraintes mécaniques excessives sur le socle.

Les coupe-circuit qui émettent des gaz ionisés pendant leur fonctionnement (par exemple les fusibles à expulsion) doivent être montés de façon que toute partie métallique avoisinante, au potentiel de terre ou de la ligne susceptible de se trouver habituellement dans les conditions de service pratique, soit simulée pendant les essais de court-circuit (par exemple les deux autres coupe-circuit d'un ensemble triphasé).

Lorsque les coupe-circuit sont utilisés sous enveloppe, le bon fonctionnement du coupe-circuit dans l'enveloppe et la pérennité de l'enveloppe doivent être vérifiés. En ce cas, des essais de court-circuit triphasés peuvent être nécessaires.

8.6.2 Modalités d'essai

8.6.2.1 Etalonnage du circuit d'essai

Le coupe-circuit ou l'élément de remplacement B en essai doit être remplacé par une barrette A d'impédance négligeable comparée à celle du circuit d'essai, comme indiqué en Figure 3.

Le circuit doit être ajusté pour donner le courant présumé spécifié. Cela doit être vérifié par un enregistrement oscillographique.

8.6.2.2 Méthode d'essai

La barrette A est enlevée et remplacée par le coupe-circuit ou l'élément de remplacement B en essai.

Le court-circuiteur E est fermé à un instant tel que les conditions spécifiées au Tableau 6 soient remplies.

Les paramètres de TTR doivent être déterminés par les méthodes de la CEI 62271-100.

Après fonctionnement du coupe-circuit, la tension de rétablissement doit être maintenue à ses bornes pendant les durées spécifiées au Tableau 6.

8.6.2.3 Interprétation des oscillogrammes (voir Figure 5)

Pour les suites d'essais 1 à 4, le courant présumé coupé doit être la valeur efficace de la composante alternative du courant, mesurée une demi-période après le début de court-circuit lors de l'étalonnage du circuit d'essai (voir Figure 5a).

Pour la suite d'essais 5, le courant coupé doit être la valeur efficace du courant symétrique mesuré au début de l'arc, pendant l'essai de coupure (voir Figure 5b).

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle est mesurée entre la crête de la deuxième demi-onde non influencée et la droite tracée entre les crêtes des demi-ondes précédente et suivante.

8.6.3 Essais de coupure pour coupe-circuit de série homogène

8.6.3.1 Caractéristiques d'une série homogène de fusibles-déconnecteurs de distribution

L'expérience a montré que pour les essais des fusibles-déconnecteurs de distribution utilisant une série homogène, cette dernière est définie de la façon suivante:

- a) Le courant assigné minimal des éléments de remplacement pour les fusibles à expulsion de courants assignés 50 A et 100 A classe A et B est un élément de remplacement 6,3 K, et pour les dispositifs assignés 200 A il s'agit d'un élément de remplacement 125 K.

NOTE Dans certains pays, les références 6,3 K et 125 K ne sont pas utilisées et les éléments de remplacement 6 K et 140 K peuvent être remplacés.

- b) Le courant assigné maximal des éléments de remplacement pour dispositifs assignés 50 A est un élément de remplacement 50 T, pour les dispositifs assignés 100 A, il s'agit d'un élément de remplacement 100 T, et pour 200 A, il s'agit d'un élément de remplacement 200 T.

Des types d'éléments de remplacement autres que ceux répondant aux critères K et T conviennent également pour une utilisation dans un fusible-déconnecteur de distribution essayé, à condition qu'ils soient produits par le même constructeur, et la seule différence entre les éléments de remplacement K et T essayés et les autres types est celle qui est définie ci-dessous:

- 1) ils utilisent les mêmes matériaux et la même construction;
- 2) la masse de l'élément est à l'intérieur comprise entre celles des éléments de remplacement maximum et minimum essayés;
- 3) le diamètre de la tresse flexible de l'élément de remplacement et le nombre de fils se situent dans les limites de ceux des éléments de remplacement maximum et minimum essayés;
- 4) la longueur de l'élément se situe entre 75 % de la longueur de l'élément le plus court et 133 % de celle de l'élément le plus long des éléments de remplacement essayés
- 5) les caractéristiques durée de préarc-courant se situent à la gauche de l'élément de remplacement le plus grand essayé.

Si le constructeur de fusibles-déconnecteurs de distribution ne fabrique pas d'éléments de remplacements K ou T, le fusible-déconnecteur peut être qualifié en utilisant une autre série homogène de distribution déterminée par l'élément de remplacement de la plus petite taille et l'élément de remplacement de la plus grande taille des éléments qu'ils fabriquent effectivement. Les éléments de remplacement dans cette autre série homogène doivent répondre à toutes les conditions détaillées ci-dessus liées aux tailles maximales et minimales des éléments de remplacement essayés. Si un constructeur de fusibles-déconnecteurs de distribution ne fabrique aucun élément de remplacement, ils doivent utiliser des éléments de remplacement K et/ou T d'une seul constructeur pour tous les essais requis.

Si une ou plusieurs de ces conditions n'est (ne sont) pas remplie(s), alors l'élément de remplacement et le déconnecteur peuvent être qualifiés ensemble en suivant les règles de 8.6.3.2.

8.6.3.2 Exigences concernant les séries homogènes

Des éléments de remplacement sont considérés comme formant une série homogène lorsque leurs caractéristiques sont conformes à ce qui suit:

- a) La tension assignée, le courant de coupure et la fréquence doivent être les mêmes.
- b) Tous les matériaux, excepté l'élément fusible, doivent être les mêmes.
- c) Toutes les dimensions, sauf la section et le nombre des éléments fusibles, doivent être les mêmes.
- d) La loi régissant toute variation de la section des éléments fusibles individuels selon leur longueur doit être la même.

- e) Toutes les variations en épaisseur, largeur, diamètre et nombre d'éléments fusibles principaux doivent être une fonction monotone⁵⁾ du courant assigné.

On peut ne pas tenir compte des éléments suivants lors de la détermination de conformité à une série homogène:

- i) Tout fil de renfort mis en parallèle avec l'élément fusible pour le soulager de l'effort de traction.
- ii) Le matériau et les dimensions du ou des conducteur(s) qui complètent le circuit électrique entre les bornes d'un porte-élément de remplacement d'un coupe-circuit, par exemple les tresses d'éléments de remplacement utilisées dans certains types de coupe-circuit à expulsion.
- iii) La longueur des éléments fusibles principaux, à condition que la variation en longueur soit monotone.
- iv) Le matériau des éléments fusibles, à condition que la variation du matériau reste dans la même catégorie générale, par exemple, l'étain et les alliages d'étain, l'argent et les alliages d'argent, le cuivre et les alliages de cuivre.

Pour les éléments de remplacement utilisés dans les fusibles-déconnecteurs de distribution, les dimensions du tube d'extinction de petit diamètre ne sont pas prises en compte pour déterminer l'homogénéité pour les suites d'essais 1, 2 et 3 du Tableau 6.

8.6.3.3 Exigences d'essais

Les exigences d'essais sont données par les Tableaux 6 et 7 pour les courants assignés maximal et minimal d'une série homogène.

8.6.4 Interprétation des essais de coupure

Si les essais effectués selon les Tableaux 6 à 9 donnent les résultats conformes aux exigences de 7.2, les éléments de remplacement d'un courant assigné quelconque, dans la série de construction homogène, doivent être considérés comme satisfaisant à la présente norme en ce qui concerne la coupure.

Si un élément de remplacement ne fonctionne pas de façon satisfaisante aux termes de 7.2 au cours d'une ou de plusieurs séries d'essais, cet élément doit être éliminé de la série homogène, mais une telle défaillance n'entraîne pas nécessairement le rejet des autres éléments de remplacement de courants assignés différents.

Toute non-coupure et, pour les coupe-circuit à ouverture automatique, toute impossibilité d'ouverture ou de mise en position d'ouverture pendant l'un des essais, correspond à une défaillance de ce courant assigné pour les suites d'essais 1 à 5.

Pour les coupe-circuit à ouverture automatique de TTR classe A, les durées d'arc supérieures à 100 ms sont considérées comme des défaillances dues à l'arc externe. Pour les TTR de classe B, cette durée peut être plus grande.

Après l'essai, en cas de doute sur la tenue diélectrique entre les bornes du socle, un essai à sec à fréquence industrielle peut être effectué à 80 % de la valeur appropriée donnée par les Tableaux 4 ou 5.

8.7 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant

8.7.1 Règles d'essais

8.7.1.1 Généralités

Les règles d'essais de vérification de la caractéristique temps/courant doivent être celles spécifiées en 8.3 et ci-dessous.

⁵⁾ Fonction monotone: fonction qui varie toujours dans le même sens pour une variation de sens donné de la variable.

8.7.1.2 Température de l'air ambiant

La caractéristique temps/courant doit être vérifiée à une température de l'air ambiant quelconque comprise entre 15 °C et 30 °C.

Au début de chaque essai, le coupe-circuit doit être approximativement à la température de l'air ambiant.

8.7.1.3 Disposition de l'appareil

Les essais doivent être faits sur un pôle de coupe-circuit et avec la même disposition de l'appareil que pour les essais d'échauffement en 8.5.

8.7.2 Méthode d'essai

8.7.2.1 Essais temps-courant de fonctionnement

Les essais temps-courant de fonctionnement doivent être effectués à la tension assignée et avec les circuits d'essai spécifiés pour les essais de coupure en 8.6.

Les courbes temps-courant de fonctionnement doivent représenter les valeurs maximales déterminées en ajoutant la durée de préarc (au courant d'essai de préarc) avec sa tolérance à la durée d'arc maximale. Il convient que la durée d'arc maximale soit déterminée par les essais temps-courant de fonctionnement spécifiés dans le présent paragraphe. Si les facteurs de durée d'arc sont utilisés à la place des essais à la tension assignée, la méthode utilisée pour atteindre le temps de fonctionnement doit être disponible.

8.7.2.2 Essais temps-courant de préarc

Les essais temps-courant de préarc doivent être faits à une tension convenable quelconque, le circuit d'essai étant prévu de telle façon que le courant traversant le coupe-circuit soit maintenu à une valeur sensiblement constante.

Les caractéristiques temps-courant obtenues lors des essais de coupure peuvent être utilisées.

8.7.2.3 Zone de temps à utiliser

Les essais doivent être faits dans les zones de temps comprises entre 0,01 s et 300 s ou 600 s.

8.7.2.4 Mesurage du courant

Le courant traversant le coupe-circuit durant l'essai de vérification de la caractéristique temps/courant doit être mesuré au moyen d'un ampèremètre, d'un oscillographe ou de tout autre instrument qui convient.

8.7.2.5 Mesurage du temps

Le temps doit être mesuré au moyen de tout dispositif qui convient.

8.7.2.6 Courants d'essais

Pour la vérification des caractéristiques temps-courant de préarc, appliquer les valeurs minimales de courant des courbes fournies par le constructeur pour les durées de 0,1 s, 10 s et 300 s (ou 600 s).

Le courant doit être appliqué pendant une durée suffisante pour faire fondre l'élément de remplacement ou, pour les courants correspondant à 300 s (ou 600 s), pendant une durée permettant de vérifier les résultats d'essai.

8.7.2.7 Résultats d'essai

Les durées de préarc obtenues doivent se situer dans les tolérances des courbes fournies par le constructeur.

8.7.3 Vérification des durées d'arc et de fonctionnement

Au besoin, par exemple pour interpréter les résultats d'essais de coupure, les durées d'arc et de fonctionnement total doivent être vérifiées à l'aide des oscillogrammes des essais de coupure.

8.8 Essais mécaniques (pour les fusibles-déconnecteurs de distribution)

Les essais doivent être effectués par une température comprise entre 10 °C et 40 °C.

8.8.1 Essai mécanique des socles et des porte-élément de remplacement

Trois coupe-circuit doivent être fermés et ouverts 200 fois. Les coupe-circuit doivent être montés et manœuvrés selon les instructions du constructeur pour l'utilisation normale. Après les manœuvres, tous les coupe-circuit doivent être en état utilisable sans fissure d'isolateur(s) ni desserrage de visserie.

Il convient que le porte-élément de remplacement contienne un élément de remplacement de fort courant assigné ou un élément factice en sorte que l'élément de remplacement ne soit pas soumis au même essai d'endurance que le socle et le porte-élément de remplacement.

8.8.2 Essai mécanique des éléments de remplacement

8.8.2.1 Essai statique

Un élément de remplacement doit être essayé dans une machine de traction permettant d'appliquer un effort de traction axial de 60 N.

La force doit être appliquée graduellement, sans à-coups.

L'élément doit être considéré comme satisfaisant si aucune détérioration telle que rupture, desserrage ou glissement des connexions, ou allongement d'élément n'est observé après une durée d'application de la pleine charge d'au moins 30 min.

8.8.2.2 Essai dynamique

Un élément de remplacement doit être installé dans un coupe-circuit monté selon la spécification du constructeur pour l'usage normal.

Le coupe-circuit doit être fermé et ouvert 20 fois et selon les instructions d'utilisation du constructeur.

Après les manœuvres, il ne doit y avoir aucune détérioration telle que rupture, allongement des composants, desserrage ou glissement des connexions, vérifiable à l'œil nu.

8.9 Essais de pollution artificielle

8.9.1 Isolateurs en céramique

Pour les isolateurs en céramique, les essais de pollution artificielle doivent être réalisés si l'isolateur ne satisfait pas les lignes de fuite spécifiées dans la CEI 60815, Article 4. De tels essais font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

8.9.2 Isolateurs non céramique

Pour les socles qui utilisent des isolateurs support non céramique, ces isolateurs doivent être essayés conformément à la CEI 61952. Pour les socles qui utilisent les isolateurs de suspension non céramique, ces isolateurs doivent être essayés conformément à la CEI 61109. Pour les socles qui utilisent des isolateurs non couverts par les présentes normes, telles que certains fusibles-déconnecteurs de distribution, les exigences d'essai font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

9 Essais spéciaux

9.1 Généralités

Les essais spéciaux sont des essais faits pour vérifier qu'un type ou un modèle particulier de coupe-circuit est conforme aux caractéristiques spécifiées et se comporte de façon

satisfaisante dans des conditions spéciales spécifiées. Ils sont exécutés sur des échantillons pour vérifier les caractéristiques spécifiées pour tous les coupe-circuit du même modèle.

Ces essais ne doivent être répétés que si la construction est modifiée de telle façon qu'elle puisse en modifier le comportement.

Pour des facilités d'essais, et avec l'accord préalable du constructeur, les valeurs prescrites pour les essais, notamment les tolérances, peuvent être modifiées dans le sens qui accroît la sévérité des essais.

Les essais suivants doivent être effectués après accord entre le constructeur et l'utilisateur pour certains types de coupe-circuit à fusibles ou pour des applications spéciales:

Les résultats de tous les essais doivent être consignés dans des rapports d'essais avec toutes les données nécessaires pour prouver la conformité à la présente norme.

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués conformément aux règles d'essai spécifiées dans le 9.2.

9.2 Essai de tenue au choc de foudre

9.2.1 Généralités

Cet essai est destiné à vérifier la tenue d'une conception particulière d'élément de remplacement, à un courant spécifique de choc de foudre.

Les éléments de remplacement soumis à cet essai sont destinés à être utilisés dans des zones où l'architecture du réseau permet aux décharges du parafoudre de passer à travers un élément de remplacement, et il est souhaitable de minimiser le nombre d'opérations d'éléments de remplacement provoquées par ces courants.

9.2.2 Echantillon d'essai

L'échantillon d'essai est un élément de remplacement, représentatif de son type. Un élément de remplacement de chaque courant assigné doit être soumis à l'essai à moins que le constructeur ne puisse démontrer que tous les éléments de remplacement, du type destiné à être qualifié, ont une valeur I^2t de préarc supérieure celle du courant assigné essayé.

9.2.3 Disposition de l'appareil

Les essais doivent être faits sur un pôle de coupe-circuit et avec la même disposition de l'appareil que pour les essais d'échauffement en 8.5.

9.2.4 Modalités d'essai

Trois échantillons d'essai doivent être soumis à un seul choc de courant normalisé, type 8/20, conformément à la CEI 60060-1 avec une valeur de crête de 15 kA.

9.2.5 Critères d'acceptation

Suivant les essais spécifiés dans le 9.2.4, un élément de remplacement est qualifié comme résistant aux chocs de foudre, si les critères suivants sont remplis:

- a) la résistance mécanique de l'élément de remplacement est conforme au 7.6.2.1, effort statique;
- b) la résistance électrique de l'élément de remplacement correspond aux valeurs spécifiées par le constructeur pour un élément de remplacement;
- c) les caractéristiques temps-courant de préarc de l'élément de remplacement doivent répondre aux exigences du 8.7.2.6 et du 8.7.2.7 mais pendant un laps de temps de 1 s.

10 Essais de réception

Si des essais de réception sont convenus entre constructeur et utilisateur, il convient qu'ils soient choisis parmi les essais de type. De plus, d'autres essais ou vérifications peuvent être demandés, par exemple:

- a) vérification dimensionnelle;
- b) mesurage de la résistance des éléments de remplacement.

11 Marquage et informations

11.1 Indications à porter sur les plaques signalétiques

Si le fusible est conçu pour utilisation à l'intérieur seulement, cela doit être indiqué au moyen d'un marquage approprié.

Les indications minimales à porter sur les plaques signalétiques des éléments de remplacement, porte-élément de remplacement et socles, sont données ci-dessous.

Les indications doivent être lisibles et durables dans les conditions de service. En cas de doute, un essai selon 9.3 de la CEI 60898-1 peut être effectué.

Les nombres représentant les caractéristiques assignées doivent être, dans tous les cas, suivis par le symbole de l'unité dans laquelle ils sont exprimés.

- a) Sur le socle:
 - nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - désignation du type (éventuellement);
 - niveau d'isolement assigné (voir 6.6);
 - tension assignée (U_r) (voir 6.2);
 - courant assigné (I_r) (voir 6.3.3).
- b) Sur le porte-élément de remplacement:
 - nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - tension assignée (U_r) (voir 6.2);
 - courant assigné (I_r) (voir 6.3.4);
 - pouvoir de coupure assigné (voir 6.5) et classe de TTR (voir 5.1);
 - fréquence assignée (voir 6.4).
- c) Sur les éléments de remplacement:
 - nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - désignation du type (éventuellement) donnée par le constructeur;
 - courant assigné (I_r) et désignation de vitesse (éventuellement) (voir 5.2);
 - tension assignée (U_r) (voir 6.2).

11.2 Informations à fournir par le constructeur

Le constructeur doit pouvoir fournir à l'acheteur les informations suivantes:

- a) caractéristiques temps-courant des éléments de remplacement;
- b) angle de montage du coupe-circuit éventuellement.

12 Guide d'application

12.1 Objet

L'objet de cet article est de présenter des suggestions concernant l'utilisation, le fonctionnement et l'entretien, afin d'obtenir des résultats satisfaisants avec les coupe-circuit à expulsion et de type similaire.

12.2 Généralités

Un coupe-circuit inséré dans un circuit électrique est destiné à protéger en permanence ce circuit et les matériels qui lui sont reliés, contre les dommages dus aux surintensités, dans les limites de ses caractéristiques. La façon dont le coupe-circuit fonctionnera dépend, non

seulement de la précision avec laquelle il a été fabriqué, mais également de son utilisation correcte et du soin apporté à son entretien. S'il n'est pas utilisé et entretenu correctement, cela peut provoquer des dégâts considérables à des équipements coûteux. Par exemple, les porte-éléments de remplacements à ouverture automatique qui restent longtemps en position ouverte peuvent accumuler de l'eau et de la pollution dans leurs parties internes, ce qui peut conduire à une dégradation de leurs propriétés d'usage. A ce sujet, les procédures de service qui peuvent entraîner des fermetures sur défaut ou des coupures de courant de charge (pour les coupe-circuit non conformes aux exigences additionnelles de la CEI 60265-1[3]) doivent être évitées à cause des risques en service et ne sont pas couverts ici.

On ne saurait trop insister sur le fait qu'il convient de respecter à tout moment les règles de sécurité prescrites lors de la manipulation ou de l'entretien des fusibles à proximité de conducteurs ou de matériels sous tension.

En tout usage, les caractéristiques d'un fusible donné (courant, tension, pouvoir de coupure, etc.) doivent être considérées comme des valeurs maximales à ne pas dépasser en service; voir aussi 8.1.

12.3 Utilisation

12.3.1 Montage

Le coupe-circuit doit être installé dans la position spécifiée par le constructeur. Pour les dispositions multipolaires de coupe-circuit, lorsque la distance entre les pôles n'est pas fixée par construction, les pôles doivent être montés à des distances au moins égales à celles spécifiées par le constructeur.

Des précautions doivent être prises pour le choix du site d'installation des fusibles à expulsion, à cause du fort niveau de bruit et de l'émission de gaz chaud pendant le fonctionnement de certains types.

12.3.2 Choix du courant assigné de l'élément de remplacement

Il convient que le courant assigné de l'élément de remplacement soit choisi en tenant compte de ce qui suit:

- a) courant anormal et de surcharge admissible du circuit, y compris les harmoniques permanentes;
- b) phénomènes transitoires dans le circuit liés à la mise en ou hors circuit d'appareils tels que transformateurs, moteurs ou condensateurs;
- c) coordination éventuelle avec d'autres dispositifs de protection;
- d) installation du coupe-circuit dans une enveloppe, ou les modifications des conditions de refroidissement qui peuvent affecter la température de l'élément de remplacement.

Le courant assigné d'un élément de remplacement est généralement plus élevé que le courant normal de service. Les indications pour le choix du coupe-circuit sont généralement fournies par le constructeur.

Si le courant assigné de l'élément de remplacement est inférieur à celui du socle ou du porte-élément de remplacement, le courant assigné réel du coupe-circuit est celui de l'élément de remplacement.

Le courant assigné est défini en se référant à l'échauffement d'un coupe-circuit essayé à l'air libre.

Lorsque des coupe-circuit sont utilisés à l'intérieur d'une enveloppe, on peut être amené à réduire le courant assigné de façon à répondre encore aux spécifications d'échauffement et il en résulte que le coupe-circuit peut avoir plusieurs courants assignés différents, suivant le type d'enveloppe. Pour les courtes durées de préarc généralement utilisées en sélectivité, la caractéristique temps/courant n'est pas modifiée de façon significative par l'installation du coupe-circuit à l'intérieur d'une enveloppe.

Les coupe-circuit qui sont parcourus par un courant supérieur à leur courant assigné, pour une durée supérieure à celle recommandée par le constructeur, peuvent être sujets à des détériorations pouvant affecter les caractéristiques temps/courant.

D'autres détails peuvent être trouvés dans la CEI 60787 pour la protection des transformateurs, et dans la CEI 60549 pour la protection des condensateurs, le cas échéant.

12.3.3 Choix de la tension assignée du socle

Il convient que la tension assignée du socle ne soit pas inférieure à la tension de service la plus élevée entre phases du réseau polyphasé ou monophasé.

NOTE 1 Le fait d'effectuer avec succès les essais de tenue diélectrique ne prouve pas qu'un coupe-circuit doté d'une distance de sectionnement amorcera, dans tous les cas, à la masse et non sur la distance de sectionnement, lorsqu'il est ouvert.

NOTE 2 Le choix d'un niveau d'isolement supérieur à ceux indiqués dans les Tableaux 4 et 5 est autorisé pour chaque tension assignée.

12.3.4 Choix de la classe des coupe-circuit

- Classe A

Ces coupe-circuit sont généralement utilisés pour la protection des petits transformateurs et des petits bancs de condensateurs, pour la correction du facteur de puissance ou le contrôle de la tension situés sur des réseaux de distribution d'énergie aériens ou souterrains à distance des grandes sous-stations. Ils sont aussi utilisables comme dispositifs de protection aux points de tronçonnement de ces réseaux. Les conditions de TTR sont décrites par les paramètres de TTR d'essais ayant de plus faibles valeurs de u_c et des durées t_3 plus longues que les coupe-circuit de classe B.

- Classe B

Ces coupe-circuit sont généralement utilisés pour la protection des matériels analogues, tels que les coupe-circuit de classe A mais à plus grande proximité d'une sous-station importante d'alimentation, et pour les lignes partant de ces sous-stations. Les conditions de TTR sont plus sévères que celles des coupe-circuit de classe A et les paramètres d'essais spécifiés des TTR sont donc plus sévères.

12.3.5 Choix du niveau d'isolement assigné

Le Tableau 4 spécifie deux listes pour les valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre.

Il convient de choisir entre la liste 1 et la liste 2, en considérant le degré d'exposition aux surtensions de foudre et de manœuvre, le mode de mise à la terre du neutre du réseau, et, éventuellement, le type d'appareil de protection contre les surtensions (voir CEI 60071-1).

Le matériel répondant à la liste 1 convient à des installations telles que celles indiquées ci-dessous:

- 1) Dans les réseaux et dans les installations industrielles non reliés à des lignes aériennes:
 - a) dont le neutre est mis à la terre, soit directement, soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Des dispositifs de protection contre les surtensions tels que des parafoudres, ne sont généralement pas nécessaires;
 - b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction, et lorsqu'une protection convenable contre les surtensions est prévue dans des réseaux particuliers, par exemple un réseau étendu de câbles où des parafoudres aptes à décharger la capacité des câbles peuvent être nécessaires.
- 2) Dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés à des lignes aériennes par l'intermédiaire de transformateurs où des câbles ou des condensateurs additionnels d'au moins $0,05 \mu\text{F}$ par phase sont connectés entre les bornes à tension inférieure du transformateur et la terre, côté transformateur par rapport aux fusibles, et aussi près que possible des bornes du transformateur. Cela couvre le cas des réseaux:

- a) dont le neutre est mis à la terre, soit directement, soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Une protection contre les surtensions au moyen de parafoudres peut être souhaitable;
 - b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction, et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres.
- 3) Dans les réseaux et dans les installations industrielles reliés directement à des lignes aériennes:
- a) dont le neutre est mis à la terre, soit directement, soit par une bobine dont l'impédance a une valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction, et sur lesquels existe une protection convenable contre les surtensions, soit par éclateurs, soit par parafoudres, adaptée à la probabilité de l'amplitude et de la fréquence des surtensions;
 - b) dont le neutre est mis à la terre par une bobine d'extinction, et sur lesquels une protection convenable contre les surtensions est assurée par des parafoudres.

Dans tous les autres cas, ou lorsqu'on exige un très haut degré de sécurité, il convient d'utiliser le matériel répondant à la liste 2.

12.3.6 Mise au rebut

Quand cela est applicable, le constructeur doit donner les informations concernant la mise au rebut des fusibles en tenant compte de l'environnement.

Il incombe à l'utilisateur de prendre en compte et de respecter les réglementations locales idoines concernant la mise au rebut des fusibles.

12.4 Fonctionnement

Il est recommandé de remplacer les trois éléments de remplacement lorsque les fusibles d'un circuit triphasé ont fonctionné sur une ou deux phases, à moins que l'on ne sache avec certitude qu'aucune surintensité n'a traversé les éléments de remplacement non fondus.

12.5 Informations sur des exigences spéciales non couvertes par la présente norme

Quelques normes nationales comprennent des exigences supplémentaires, y compris des classifications relatives à des conditions spéciales d'application. A titre indicatif seulement, en voici quelques-unes:

- essais de production d'étincelles (AS 1033-1 [10]);
- solidité des éléments de remplacement;
- mesurage de la résistance des éléments de remplacement;
- vérification des efforts mécaniques pour ouvrir et fermer les coupe-circuit à ouverture automatique après les manœuvres mécaniques;
- vérification des caractéristiques temps-courant de préarc après préconditionnement thermique.

Tableau 1 – Facteurs de correction d'altitude pour les niveaux d'isolement

Altitude m	Facteurs de correction des niveaux d'isolement assignés
1 000	1,00
1 500	1,06
2 000	1,13
2 500	1,20
3 000	1,28
NOTE Pour des altitudes intermédiaires, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire.	

Tableau 2 – Facteurs de correction d'altitude pour l'échauffement

Altitude maximale m (1)	Facteur de correction du courant assigné (2)	Facteur de correction de l'échauffement (3)
1 000	1,00	1,00
1 500	0,99	0,98
3 000	0,96	0,92
NOTE Pour des altitudes intermédiaires, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire.		

Tableau 3 – Tensions assignées

Série I kV	Série II kV
–	2,8
3,6	–
–	5,1 (voir note)
–	5,2
–	5,5
7,2	–
–	7,8
–	8,3
12,0	–
–	15,0
–	15,5
17,5	–
24,0	–
–	25,8
–	27,0
36,0	–
–	38,0
40,5	–
–	48,3
52,0	–
72,5	72,5
100	–
–	121
123	–
145	145
–	169
170	–
NOTE Tensions non préférentielles.	

Tableau 4 – Niveaux d'isolement assignés (Série I)

Tension assignée Tension U_r kV (valeur efficace)	Liste 1 (isolation réduite)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle U_d kV (valeur efficace)		Tension assignée de tenue aux chocs U_p kV (valeur efficace)	
	Liste 2 (isolation complète)	Valeur commune	Distance de sectionnement	Valeur commune	Distance de sectionnement
1	2	3	4	5	6
3,6	Liste 1	10	12	20	23
	Liste 2			40	46
7,2	Liste 1	20	23	40	46
	Liste 2			60	70
12	Liste 1	28	32	60	70
	Liste 2			75	85
17,5	Liste 1	38	45	75	85
	Liste 2			95	110
24	Liste 1	50	60	95	110
	Liste 2			125	145
36	Liste 1	70	80	145	165
	Liste 2			170	195
40,5	Liste 1	80	95	180	200
	Liste 2			190	220
52	Liste 1	95	110	250	290
	Liste 2				
72,5	Liste 1	140	160	325	375
	Liste 2				
100	Liste 1	150	175	380	440
	Liste 2	185	210	450	520
123	Liste 1	185	210	450	520
	Liste 2	230	265	550	630
145	Liste 1	230	265	550	630
	Liste 2	275	315	650	750
170	Liste 1	275	315	650	750
	Liste 2	325	375	750	860

Tableau 5 – Niveaux d'isolement assignés (Série II)

Classe de coupe-circuit	Tension assignée du coupe-circuit kV	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle kV (valeur efficace)					Tension de tenue assignée au choc de foudre kV (crête)			
		A la terre, entre pôles et entre bornes du socle			Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		A la terre, entre pôles et entre bornes du socle		Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)	
		Intérieur 1 min à sec	Extérieur 1 min à sec 10 s sous pluie		Intérieur 1 min à sec	Extérieur 1 min à sec	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	5,2	–	21	20	–	21	–	60	–	60
	7,8	–	27	24	–	27	–	75	–	75
	15	–	35	30	–	35	–	95	–	95
	27	–	42	36	–	42	–	125	–	125
	38	–	70	60	–	70	–	150	–	150
B	2,8	15	–	–	17	–	45	–	50	–
	5,1/5,5	19	–	–	21	–	60	–	66	–
	8,3	26	35	30	29	39	75	95	83	105
	15	36	–	–	40	–	95	–	105	–
	15,5	50	50	45	55	55	110	110	121	121
	25,8	60	70	60	66	77	150	150	165	165
	38	80	95	80	83	105	200	200	220	220
	48,3	–	120	100	–	132	–	250	–	275
	72,5	–	175	145	–	193	–	350	–	385
	121	–	280	230	–	308	–	550	–	605
	145	–	325	275	–	368	–	650	–	715
	169	–	385	315	–	424	–	750	–	825

NOTE Il convient de n'appliquer le niveau d'isolement pour la distance de sectionnement que pour les socles et les fusibles pour lesquels une fonction de sectionnement est attribuée.

Tableau 6 – Paramètres d'essai

Paramètres	Classe	Suite d'essais									
		1		2		3		4		5	
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	A et B	(renvoi 5) Tension assignée ⁺⁵ / ₀ %									
Caractéristiques de la TTR présumée	A B	Tableau 8 Tableau 9	Tableau 8 Tableau 9		Tableau 8 Tableau 9		Tableau 8 Tableau 9		(renvoi 7)		
Courant présumé (valeur efficace de la composante alternative)	A et B	I_1 ⁺⁵ / ₀ % (renvoi 5)		I_2 de 0,6 I_1 à 0,8 I_1		I_3 de 0,2 I_1 à 0,3 I_1		I_4 de 400 A à 500 A (renvois 1 et 2)		I_5 de 2,7 I_r à 3,3 I_r (renvois 1 et 10)	
Facteur de puissance	A B	Inférieur à 0,15 Inférieur à 0,10						Voir Tableau 7		De 0,6 à 0,8	
Angle d'établissement par rapport au zéro de tension (degrés) (renvoi 9)	A et B	1 ^{er} essai: –5 à +15 2nd essai: 85 à 105 3 ^{ème} essai: 130 à 150		1 ^{er} essai: –5 à +15 2nd essai: 85 à 105 3 ^{ème} essai: 130 à 150		Pour tous les essais de 85 à 105		Rythme aléatoire			
Durée de maintien de la tension après coupure (renvoi 11)	A and B (fusible à ouverture automatique)	Pas moins que la durée d'ouverture automatique ou 0,5 s en prenant celle des deux valeurs qui est la plus élevée									
	A à C (autres fusibles)	10 min (renvoi 8)						1 min			
Courant assigné de l'élément de remplacement (renvoi 6)	A et B	Min.	Max.	min.	Max.	Min.	Max.	Min.		Min.	
Nombre d'essais	A et B	3	3	3	3	1	1	2		2	
Nombre d'essais avant de remplacer le porte-élément de remplacement (renvoi 3)	A et B	3	3	3	3	2		4			
Nombre de porte-élément de remplacement	A et B	1	1	1	1	1		1			
Nombre maximal de socles (renvoi 4)	A et B	1	1	1	1	1		1			
Voir renvois à la page suivante.											

Tableau 6 (suite)

- ¹ Lorsque les limites du laboratoire ne permettent pas de réaliser les valeurs spécifiées de courant d'essais, l'essai peut être effectué avec une valeur plus grande de courant, correspondant à une durée de fonctionnement d'au moins 2 s.
- ² Si les valeurs sont inférieures à celles de la suite d'essais 5, il n'est pas nécessaire d'effectuer la suite d'essais 4.
- ³ Après chaque essai, l'élément de remplacement ou la recharge et sa capsule éjectable (s'il y en a) doivent être changés. Tout pot d'échappement remplaçable normalement sur site doit être remplacé comme suit:
- pour les suites d'essais 1 et 2 après chaque essai;
 - pour les suites d'essais 3, 4 et 5 après chaque série d'essais.
- ⁴ Le nombre total de socles doit être noté dans le rapport d'essai.
- ⁵ Lorsque le coupe-circuit est prévu pour une utilisation sur des circuits triphasés, il est acceptable de remplacer la suite d'essais 1 (à 100 % de U_r et 100 % de I_1) par une suite d'essais à 87 % de U_r et 100 % de I_1 et une deuxième suite d'essais à 100 % U_r et 87 % I_1 .
- Les tolérances sur les tensions et les courants sont les mêmes que celles qu'indique le Tableau 6.
- ⁶ «Min.» et «max.» représentent les courants assignés minimal et maximal d'une série homogène.
- ⁷ La tension transitoire de rétablissement de ce circuit d'essai doit avoir un amortissement critique. Une résistance de valeur sensiblement égale à 40 fois la valeur de la réactance à fréquence industrielle suffit généralement pour donner un amortissement critique au circuit. Cependant, si cette valeur ne donne pas l'amortissement critique, la résistance peut être réduite pour y arriver. Pour faciliter l'essai, une TTR oscillatoire est acceptable par accord du constructeur. L'amortissement critique est atteint lorsque:
- $$R = \frac{f_0 \times X}{2f_n}$$
- où
- f_0 est la fréquence propre du circuit d'essai non amorti;
 - f_n est la fréquence industrielle;
 - X est la réactance du circuit d'essai à fréquence industrielle.
- ⁸ Si le courant de fuite à travers le fusible est surveillé à la suite de la coupure, la tension de rétablissement peut être suspendue après que le courant de fuite a été inférieur à 1 mA pendant 2 min.
- ⁹ La séquence d'essai préférable est celle indiquée.
- ¹⁰ La valeur minimale de I_5 est 15 A.
- ¹¹ Lorsque les moyens de la station d'essais rendent difficile le maintien de la pleine tension de rétablissement pendant la durée spécifiée, le circuit d'essai peut être commuté vers une source auxiliaire (capable de fournir un courant d'au moins 1 A) à partir de laquelle la tension d'essai spécifiée peut être maintenue pendant le reste de la durée spécifiée. Cette commutation ne doit intervenir qu'au moins 10 s après la coupure du courant, et aucune interruption nécessaire du circuit pour effectuer cette commutation ne doit dépasser 0,5 s.

Tableau 7 – Valeurs des facteurs de puissance pour la suite d'essais 4

Classe du fusible	Gammes de tensions assignées du fusible (U_r) kV						
	2,8 à 3,6	5,1 à 5,5	7,2 à 8,3	12 à 17,5	24 à 27	36 à 40,5	48,3 à 170
A	0,6 à 0,7	0,6 à 0,7	0,5 à 0,6	0,35 à 0,45	0,35 à 0,45	0,2 à 0,3	–
B	0,6 à 0,7	0,5 à 0,6	0,4 à 0,5	0,1 à 0,2	0,1 à 0,2	0,1 à 0,2	0,1 à 0,2

**Tableau 8 – Valeurs normalisées des TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3 et 4 –
Fusibles de classe A – Représentation par deux paramètres –
Essais à la tension assignée**

Tension assignée U_r kV	Séquence d'essais	Facteur d'amplitude AF	TTR crête u_c kV	Durée t_3 µs	Retard t_d µs	Tension u' kV	Durée t' µs	VATR (renvoi 1) u_c / t_3 kV/µs
3,6	1,2,3	1,30	6,6	85	13	2,2	41	0,08
	4	1,25	6,4	10	2	2,1	5	0,63
5,2 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	9,6	102	15	3,2	49	0,09
	4	1,25	9,2	12	2	3,1	6	0,78
7,2	1,2,3	1,30	13,2	122	18	4,4	59	0,11
	4	1,35	13,7	13	2	4,6	6	1,03
7,8 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	14,3	128	19	4,8	62	0,11
	4	1,35	14,9	14	2	5,0	7	1,08
12	1,2,3	1,30	22,1	164	25	7,4	79	0,13
	4	1,50	25,5	16	2	8,5	8	1,58
15 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	27,6	187	28	9,2	90	0,15
	4	1,50	31,8	18	3	10,6	9	1,77
17,5	1,2,3	1,30	32,2	202	30	10,7	98	0,16
	4	1,50	37,2	20	3	12,4	10	1,87
24	1,2,3	1,30	44,1	238	36	14,7	115	0,19
	4	1,50	51,0	26	4	17,0	13	1,97
25,8 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	47,4	245	37	15,8	118	0,19
	4	1,50	54,8	28	4	18,3	13	1,99
27 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	49,6	252	38	16,5	122	0,20
	4	1,50	57,3	29	4	19,1	14	2,00
36	1,2,3	1,30	66,2	281	42	22,1	136	0,24
	4	1,60	81,5	40	6	27,2	19	2,04
38 (renvoi 2)	1,2,3	1,30	69,9	285	43	23,3	138	0,25
	4	1,60	86,0	42	6	28,7	20	2,05
$u_c = AF \times U_r \times \sqrt{2}$ $u' = u_c / 3$ $t_d = 0,15 \times t_3$ $t' = t_d + t_3 / 3$ NOTE Interpoler pour obtenir les paramètres des autres tensions assignées. ¹ Vitesse d'accroissement de la tension rétablissement. ² Utilisée en Amérique du Nord.								

**Tableau 9 – Valeurs normalisées des TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3 et 4 –
Fusibles de classe B – Représentation par deux paramètres –
Essais à la tension assignée**

Tension assignée U_r kV	Séquence d'essais	Facteur d'amplitude AF	TTR crête u_c KV	Durée t_3 μs	Retard t_d μs	Tension u' kV	Durée t' μs	VATR (renvoi 1) u_c / t_3 kV/ μs
2,8 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	5,5	46	7	1,8	22	0,12
	4	1,29	5,1	11	2	1,7	5	0,48
3,6	1,2,3	1,40	7,1	54	8	2,4	26	0,13
	4	1,29	6,6	12	2	2,2	6	0,53
5,5 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	10,9	72	11	3,6	35	0,15
	4	1,39	10,8	15	2	3,6	7	0,71
7,2	1,2,3	1,40	14,3	86	13	4,8	42	0,17
	4	1,48	15,0	18	3	5,0	9	0,85
8,25 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	16,4	95	14	5,5	46	0,17
	4	1,48	17,3	19	3	5,8	9	0,90
12	1,2,3	1,40	23,8	121	18	7,9	59	0,20
	4	1,60	27,2	23	4	9,1	11	1,17
15 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	29,7	140	21	9,9	67	0,21
	4	1,60	33,9	26	4	11,3	13	1,29
15,5 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	30,7	143	21	10,2	69	0,22
	4	1,60	35,1	27	4	11,7	13	1,31
17,5	1,2,3	1,40	34,6	155	23	11,5	75	0,224
	4	1,60	39,6	28	4	13,2	14	1,39
24	1,2,3	1,40	47,5	192	29	15,8	93	0,247
	4	1,60	54,3	34	5	18,1	16	1,61
25,8 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	51,1	201	30	17,0	97	0,25
	4	1,60	58,4	35	5	19,5	17	1,66
36	1,2,3	1,40	71,3	251	38	23,8	121	0,28
	4	1,60	81,5	42	6	27,2	20	1,94
38 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	75,2	261	39	25,1	126	0,29
	4	1,60	86,0	43	7	28,7	21	1,99
40,5 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	80,2	272	41	26,7	132	0,29
	4	1,60	91,6	45	7	30,5	22	2,04
48,3 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	95,6	306	46	31,9	148	0,31
	4	1,60	109,3	49	7	36,4	24	2,22
52	1,2,3	1,40	103	321	48	34,4	155	0,32
	4	1,60	118	51	8	39,2	25	2,29
72,5	1,2,3	1,40	144	401	60	47,9	194	0,36
	4	1,60	164	61	9	54,7	30	2,68

Tableau 9 (suite)

Tension assignée U_r kV	Séquence d'essais	Facteur d'amplitude AF	TTR crête u_c kV	Durée t_3 μs	Retard t_d μs	Tension u' kV	Durée t' μs	VATR (renvoi 1) u_c / t_3 kV/ μs
121	1,2,3	1,40	239	565	28	79,8	217	0,42
	4	1,60	274	81	12	91,3	39	3,39
123	1,2,3	1,40	244	570	29	81,3	218	0,43
	4	1,60	278	81	12	92,8	39	3,42
145	1,2,3	1,40	287	636	32	95,8	244	0,45
	4	1,60	328	89	13	109	43	3,69
169 (renvoi 2)	1,2,3	1,40	335	705	35	112	270	0,47
	4	1,60	382	97	15	127	47	3,96
170	1,2,3	1,40	337	708	35	112	271	0,48
	4	1,60	385	97	15	128	47	3,97
$u_c = AF \times \sqrt{2} \times U_r$ $u' = u_c / 3$ $t' = t_d + t_3/3$ pour $U < 100$ kV: TD 1,2,3,4: $t_d = 0,15 \times t_3$ pour $U \geq 100$ kV: TD 1,2,3: $t_d = 0,05 \times t_3$ TD 4: $t_d = 0,15 \times t_3$								
NOTE Interpoler pour obtenir les paramètres des autres tensions assignées.								
¹ Vitesse d'accroissement de la tension rétablissement. ² Utilisée en Amérique du Nord.								

**Tableau 10 – Valeurs limites des caractéristiques temps-courant de préarc –
Éléments de remplacement de type K**

		Courant de pré-arc A					
	Courant assigné A	300 s ou 600 s (voir note)		10 s		0,1 s	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Valeurs préférentielles	6,3	12,0	14,4	13,5	20,5	72	86
	10	19,5	23,4	22,4	34	128	154
	16	31,0	37,2	37,0	55	215	258
	25	50	60	60	90	350	420
	40	80	96	96	146	565	680
	63	128	153	159	237	918	1 100
	100	200	240	258	388	1 520	1 820
	160	310	372	430	650	2 470	2 970
	200	480	576	760	1 150	3 880	4 650
Valeurs intermédiaires	8	15	18	18	27	97	116
	12,5	25	30	29,5	44	166	199
	20	39	47	48	71	273	328
	31,5	63	76	77,5	115	447	546
	50	101	121	126	188	719	862
	80	160	192	205	307	1 180	1 420
NOTE 300 s pour les éléments de remplacement de courant assigné inférieur ou égal à 100 A. 600 s pour les éléments de remplacement de courant assigné supérieur à 100 A.							

**Tableau 11 – Valeurs limites des caractéristiques temps-courant de préarc –
Éléments de remplacement de type T**

		Courant de pré-arc A					
	Courant assigné A	300 s ou 600 s (voir note)		10 s		0,1 s	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Valeurs préférentielles	6,3	12,0	14,4	15,3	23,0	120	144
	10	19,5	23,4	26,5	40,0	224	269
	16	31,0	37,2	44,5	67,0	388	466
	25	50	60	73,5	109	635	762
	40	80	96	120	178	1 040	1 240
	63	128	153	195	291	1 650	1 975
	100	200	240	319	475	2 620	3 150
	160	310	372	520	775	4 000	4 800
	200	480	576	850	1 275	6 250	7 470
Valeurs intermédiaires	8	15,0	18,0	20,5	31,0	166	199
	12,5	25,0	30,0	34,5	52,0	296	355
	20	39,0	47,0	57,0	85,0	496	595
	31,5	63	76	93	138	812	975
	50	101	121	152	226	1 310	1 570
	80	160	192	248	370	2 080	2 500
NOTE 300 s pour les éléments de remplacement de courant assigné inférieur ou égal à 100 A. 600 s pour les éléments de remplacement de courant assigné supérieur à 100 A.							

Tableau 12 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux

Nature du matériau ou de l'élément	Valeur maximale de	
	Température °C	Echauffement K
A) Contacts dans l'air: 1) Contacts élastiques (cuivre et alliage de cuivre) – sans protection – recouverts d'argent ou de nickel – recouverts d'étain – recouverts d'autres métaux 2) Contacts boulonnés ou dispositifs équivalents (cuivre, alliage de cuivre et alliage d'aluminium) – sans protection – recouverts d'étain – recouverts d'argent ou de nickel – recouverts d'autres métaux	75 105 90 Voir note 1 90 105 115 Voir note 1	35 65 50 50 65 75
B) Contacts dans l'huile (alliage de cuivre): 1) Contacts élastiques – sans protection – recouverts d'argent, d'étain ou de nickel – recouverts d'autres métaux 2) Contacts boulonnés – sans protection – recouverts d'argent, d'étain ou de nickel – recouverts d'autres métaux	80 90 Voir note 1 100 100 Voir note 1	40 50 60 60
C) Bornes boulonnées dans l'air: – sans protection – recouverts d'argent, d'étain ou de nickel – recouverts d'autres métaux	90 105 Voir note 1	50 65
D) Pièces métalliques formant ressorts	Voir note 2	
E) Matériaux utilisés comme isolants et pièces métalliques en contact avec des isolants des classes suivantes (voir note 3): – Classe Y (pour les matériaux non imprégnés) – Classe A (pour matériaux immergés dans l'huile ou imprégnés) – Classe E – Classe B – Classe F Email: à base d'huile synthétique – Classe H Autres classes	90 105 120 130 155 100 120 180 Voir note 4	50 65 80 90 115 60 80 140
F) Huile (voir notes 5 et 6)	90	50
G) Toute pièce métallique ou en matériau isolant en contact avec l'huile à l'exception des contacts et des ressorts	100	60
NOTE 1 Si le constructeur utilise d'autres métaux de protection que ceux indiqués dans le Tableau 12, les propriétés de ces métaux seront prises en considération. NOTE 2 Il ne convient pas que la température ou l'échauffement atteigne une valeur telle que l'élasticité du métal soit modifiée. NOTE 3 Classes conformément à la CEI 60085 [11]. NOTE 4 Limitée seulement par la nécessité de ne pas provoquer de détérioration des pièces environnantes. NOTE 5 A la partie supérieure de l'huile. NOTE 6 Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.		

Tableau 13 – Essais diélectriques lorsque la borne opposée à la borne mise sous tension est mise à la terre lors de l'essai du socle tandis que l'élément de remplacement est retiré

Condition d'essai	Coupe-circuit	Tension appliquée à (voir Figure 2)	Terre raccordée à
1	Fermé	Aa	BCbcF
2	Fermé	Bb	ACacF
3	Fermé	Cc	ABabF
4	Ouvert	A	BCabcF *
5	Ouvert	B	ACabcF *
6	Ouvert	C	ABabcF *
7	Ouvert	a	ABCbcF *
8	Ouvert	b	ABCacF *
9	Ouvert	c	ABCabF *

* Lorsque la tension d'essai entre bornes du coupe-circuit ouvert est supérieure à la tension d'essai à la terre, il peut être nécessaire d'isoler convenablement l'embase F et les bornes du coupe-circuit, sauf celle qui est opposée à la borne sous tension.

Les conditions d'essais 3, 6 et 9 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis. Les conditions d'essais 7, 8 et 9 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

Tableau 14 – Section des conducteurs pour les essais d'échauffement

Courants assignés du coupe-circuit A	Section des conducteurs en cuivre nu mm ²	
	Pratique générale	Pratique nord-américaine
≤ 25	De 20 à 30	–
$25 < I_r \leq 63$	De 40 à 60	De 20 à 40
$63 < I_r \leq 200$	De 120 à 160	De 100 à 120
$200 < I_r \leq 400$	De 250 à 350	De 200 à 240
$400 < I_r \leq 630$	De 500 à 600	De 350 à 420

NOTE Pour les fusibles-déconnecteurs de distribution de courant assigné inférieur ou égal à 200 A, des conducteurs plus fins sont permis si la différence d'échauffement entre la borne et un point situé à 1 m de celle-ci, le long du conducteur qui lui est raccordé est inférieure ou égale à 5 K.

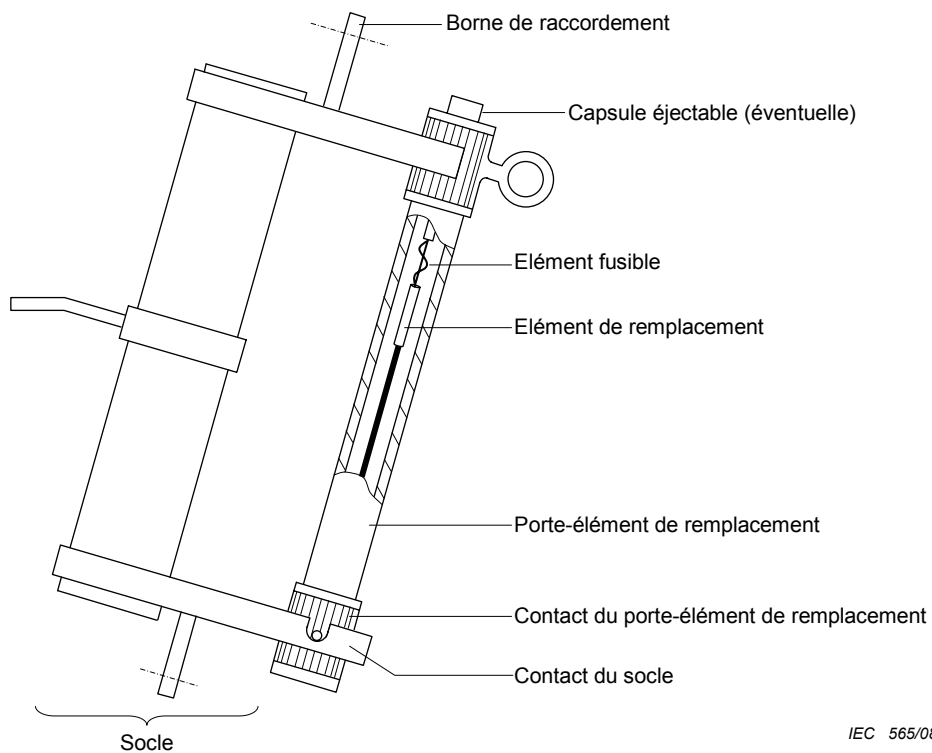
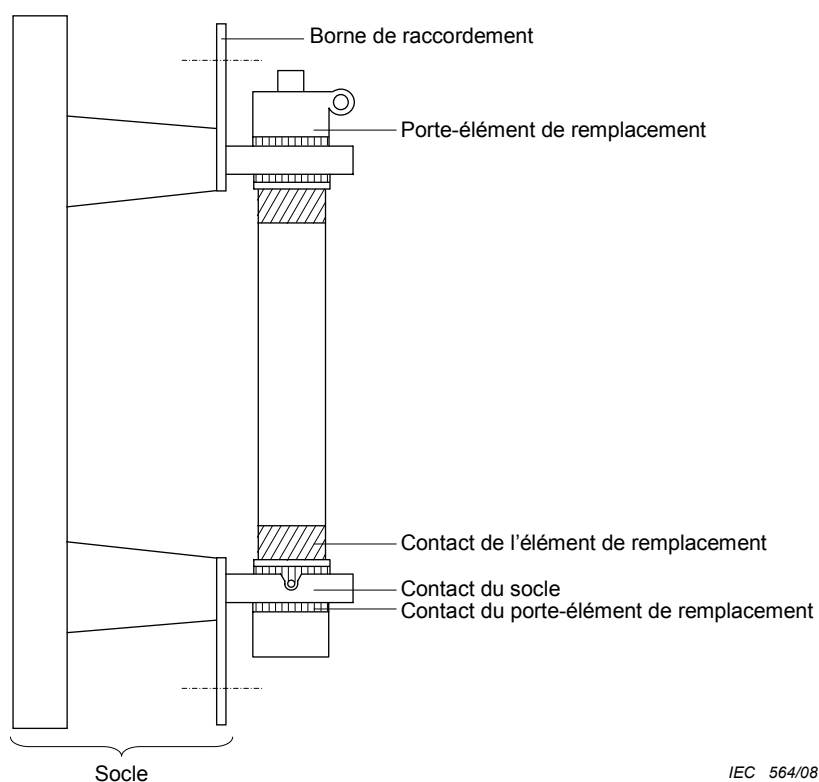


Figure 1 – Terminologie pour les fusibles à expulsion

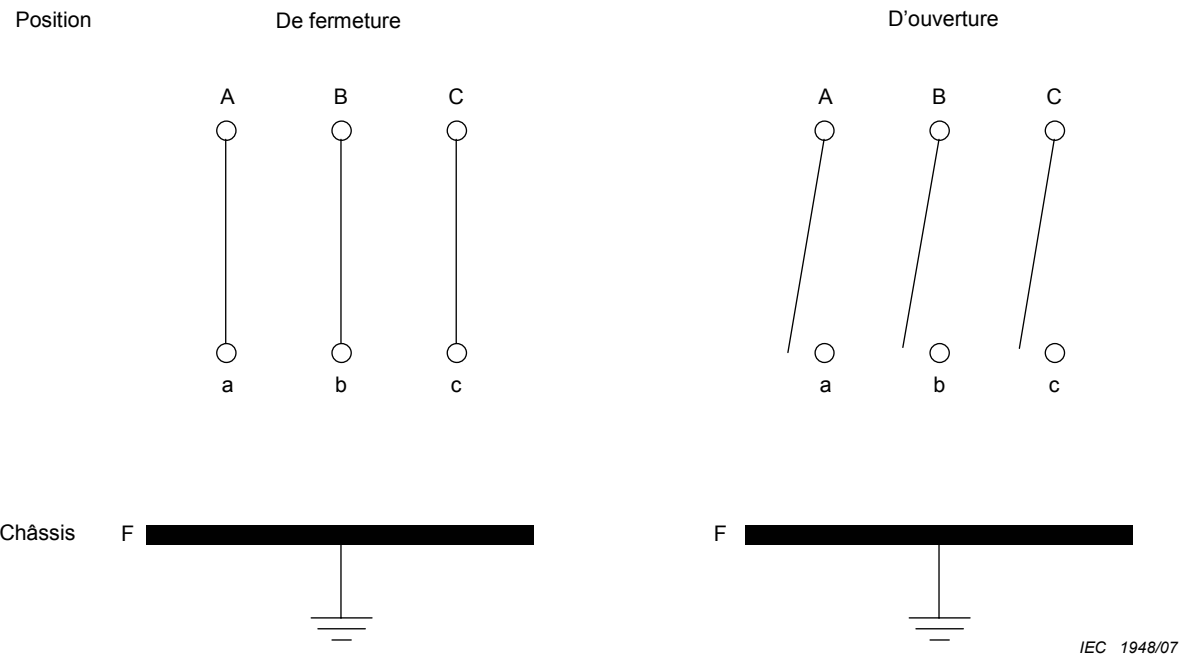


Figure 2 – Schéma de raccordement d'un coupe-circuit tripolaire

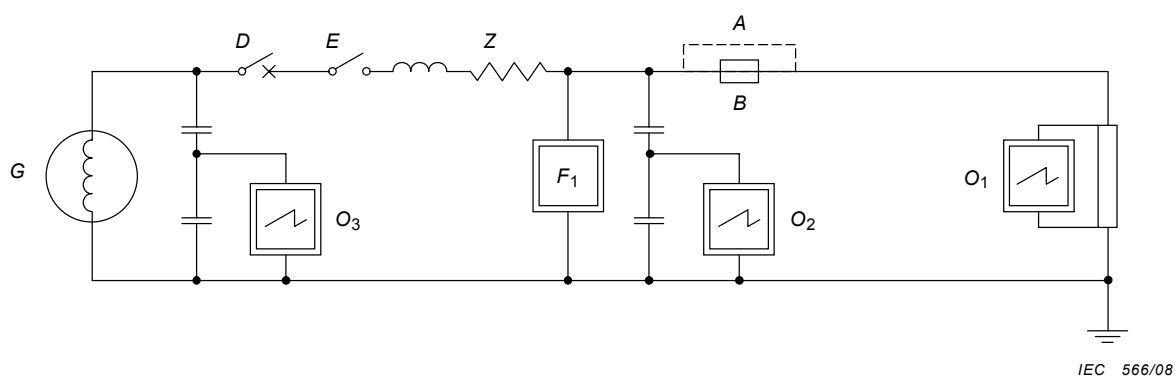


Figure 3a – Suites d'essais 1, 2 et 3

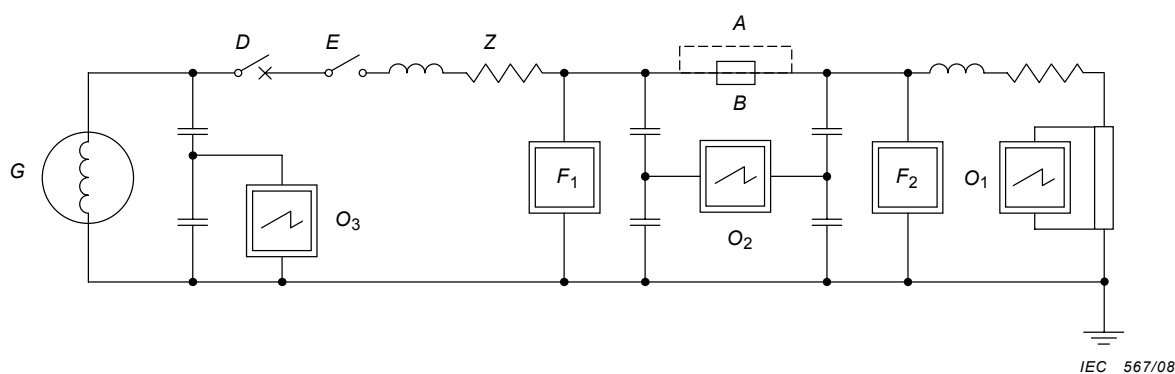


Figure 3b – Suites d'essais 4 et 5

Légende

- A liaison amovible utilisée pour l'essai d'étalonnage
- B coupe-circuit en essai
- D disjoncteur protégeant la source
- E court-circuiteur
- F₁ réglage de la tension transitoire de rétablissement (toutes séries d'essais), côté source
- F₂ réglage de la tension transitoire de rétablissement (série d'essais 4 et 5), côté défaut
- G source de tension d'essai
- O₁ mesure de courant
- O₂ mesure de la tension de rétablissement
- O₃ mesure de la tension de référence
- Z impédance réglable côté source (toutes séries d'essais)
- Z₁ impédance réglable côté charge (série d'essais 4 et 5) ou transformateur avec bornes secondaires en court-circuit

NOTE Les résistances et les condensateurs sont connectés en parallèle en F₁ pour les fusibles de tension assignée < 100 kV, et en F₂ pour les fusibles de toute tension.

Figure 3 – Schéma de principe pour les essais de coupure

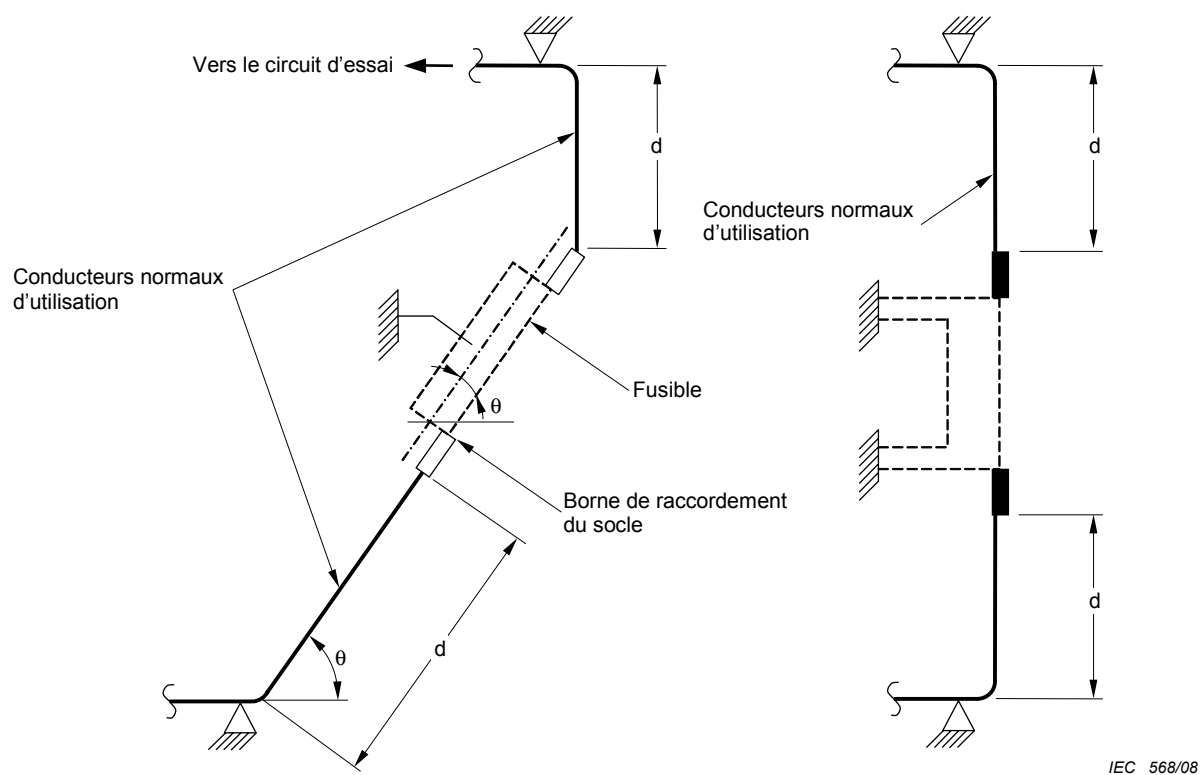


Figure 4 – Montage du matériel pour les essais de coupure

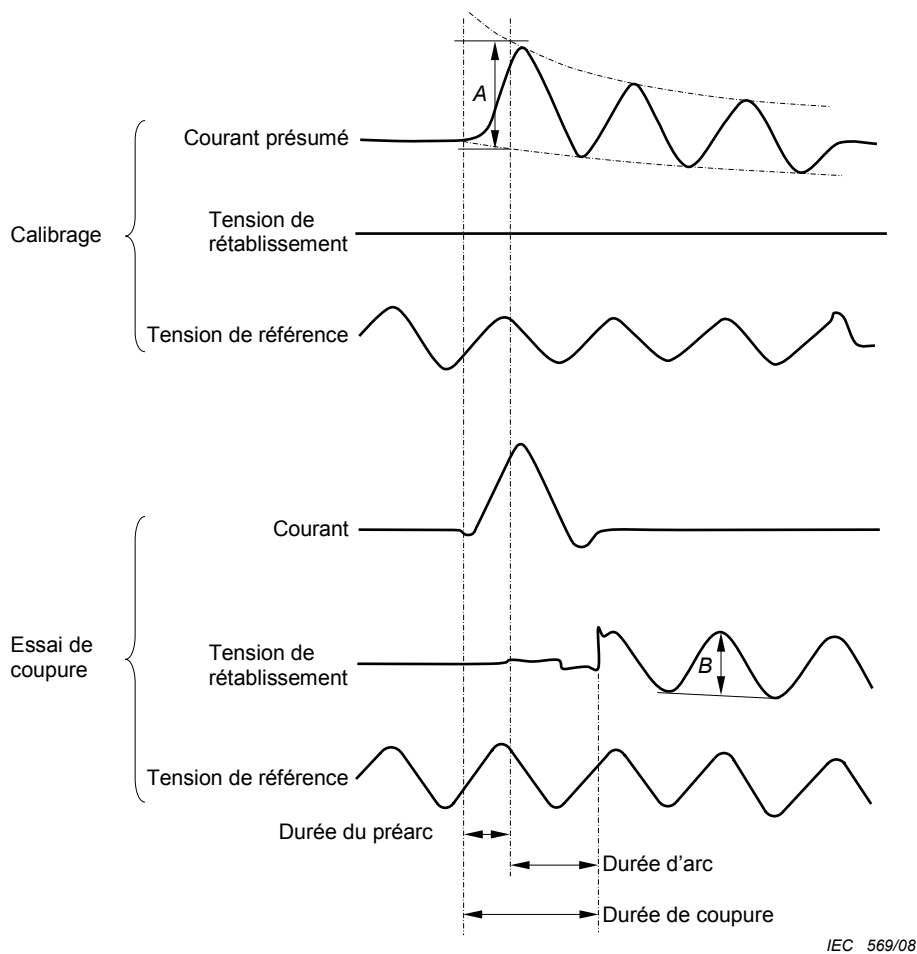


Figure 5a – Suites d'essai 1, 2, 3 et 4

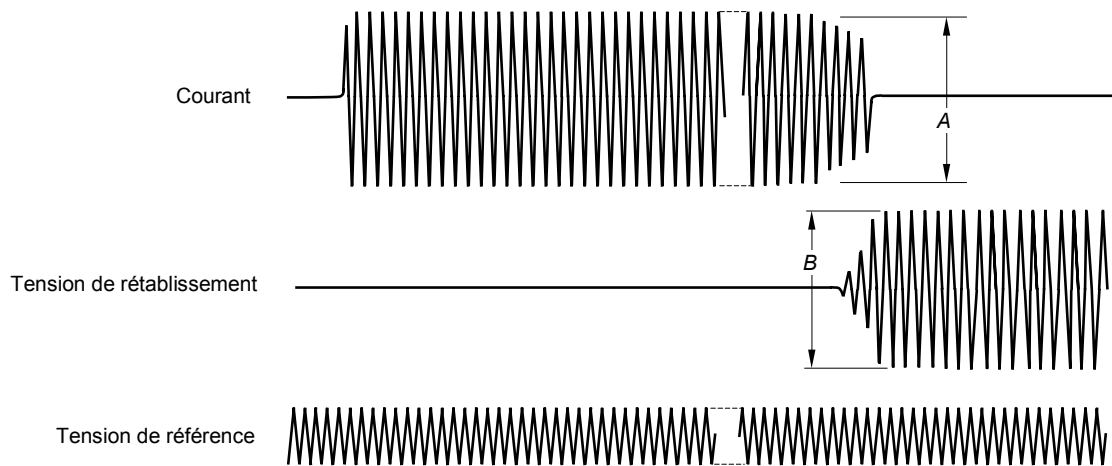


Figure 5b – Suite d'essais 5

Valeur efficace de la composante périodique du courant présumé coupé $I = \frac{A}{2\sqrt{2}}$

Tension de rétablissement à fréquence industrielle $U = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

Figure 5 – Interprétation des oscillogrammes des essais de coupure

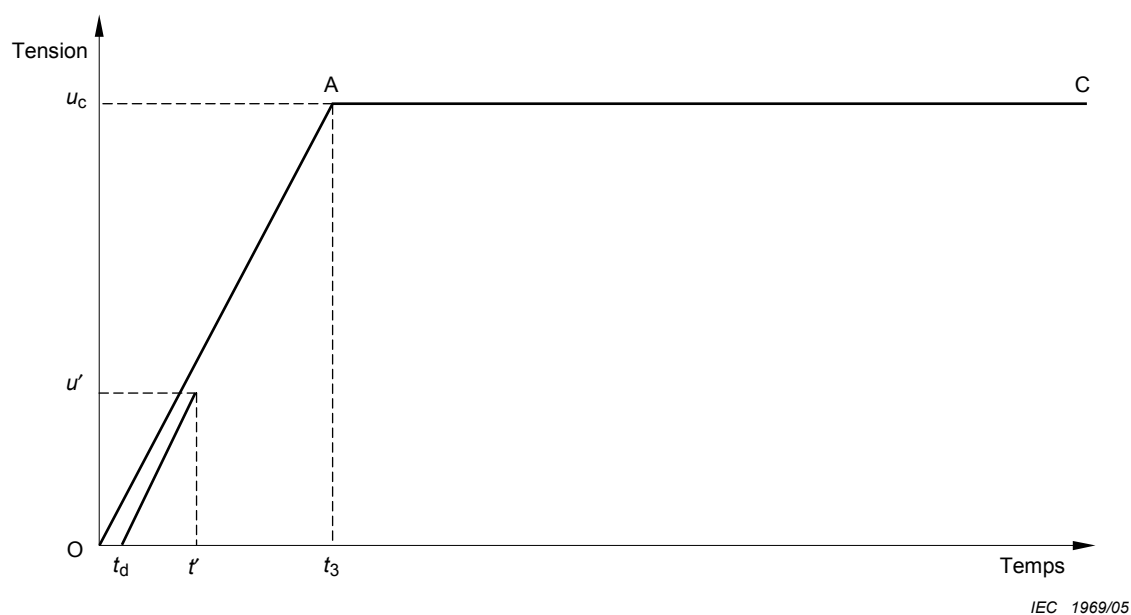


Figure 6 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard

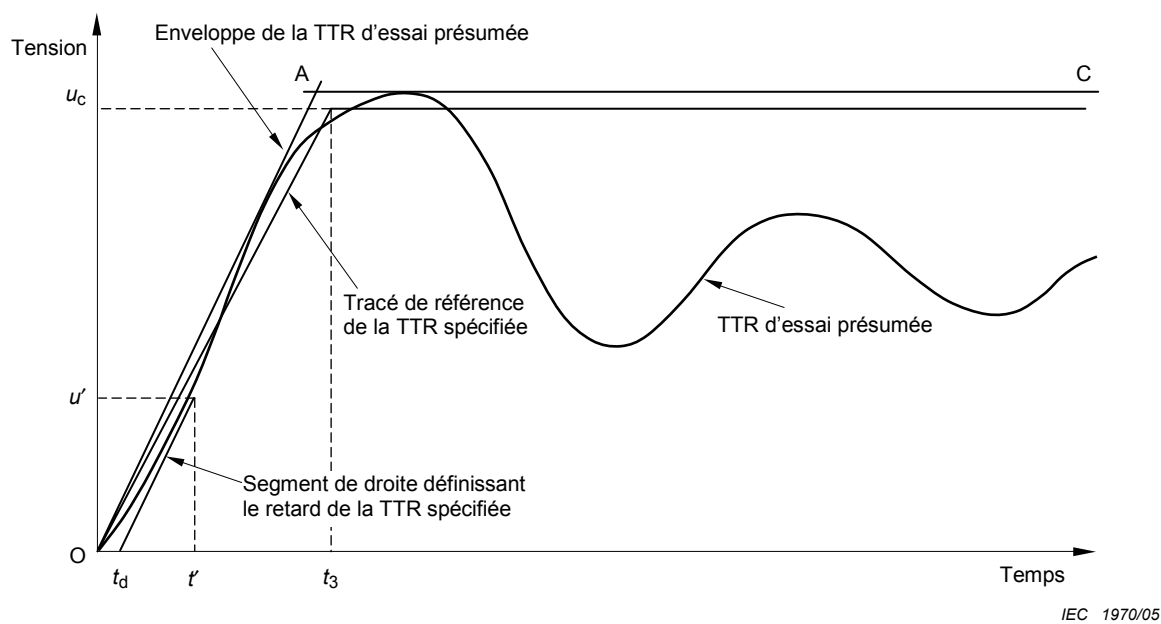


Figure 7 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type

Annexe A (informative)

Raisons du choix des valeurs d'essais de coupure

A.1 Raisons du choix des valeurs de courant d'essai de court-circuit

Suite d'essais 1

Dans tout coupe-circuit à expulsion, l'énergie à dissiper lors de la coupure croît approximativement de manière proportionnelle au courant coupé présumé. Un essai à 100 % du pouvoir de coupure assigné est donc essentiel.

Lorsque les coupe-circuit sont conçus en priorité pour être utilisés sur des réseaux triphasés, un assouplissement est permis comme pour les coupe-circuit limiteurs de courant.

De là, il a été estimé acceptable de faire les essais à la fois à 87 % de la tension assignée et 100 % du pouvoir de coupure, et à 100 % de la tension assignée et 87 % du pouvoir de coupure. Les coupe-circuit essayés de la sorte peuvent être utilisés sur des réseaux monophasés à condition:

- que la tension du circuit monophasé ne soit pas supérieure à 87 % de la tension assignée du coupe-circuit, ou
- que le courant présumé de défaut monophasé ne soit pas supérieur à 87 % du pouvoir de coupure assigné du coupe-circuit.

Suite d'essais 2

Quoique l'énergie à dissiper soit inférieure à celle de la suite d'essais 1, les durées d'arc plus longues, combinées à une valeur de courant coupé de valeur quelque peu réduite, ont été considérées comme une cause possible d'une plus forte usure du matériau extincteur. La suite d'essais 2 a donc été maintenue, mais la gamme de courant d'essai permis fut élargie à 60–80 % de I_1 pour couvrir le mieux possible les valeurs de la CEI 60282-2 (1970) et de l'IEEE C 37.41.

Suite d'essais 3

L'essai à un courant de 20–30 % de I_1 a été maintenu en raison des doutes exprimés au sujet de la chute de pression interne (en comparaison avec les suites d'essais 1 et 2) telle que l'extinction de l'arc soit plus difficile.

Suite d'essais 4

L'essai à un courant compris entre 400 A et 500 A, quel que soit le courant assigné, a été retenu pour deux raisons:

- a) Pour les coupe-circuit à expulsion ayant un tube extincteur interne autour de l'élément fusible, un courant de 400–500 A a été indiqué par l'expérience comme étant la zone du plus petit courant capable de briser le tube interne, et de laisser ainsi, au tube externe, la charge de produire une pression suffisante pour éteindre l'arc.
- b) 500 A a été calculée comme étant une valeur moyenne approximative de courant pour un court-circuit survenant aux bornes secondaires d'un transformateur haut de poteau, et donc un cas de défaut particulièrement difficile. Idéalement, il convient que la suite d'essais 4 comprenne une gamme de courants d'essai couvrant toutes les tailles possibles de transformateur. Cependant, il a été considéré qu'un tel développement d'exigences d'essais engendrerait un programme d'essais inutilement compliqué.

Suite d'essais 5

Il a été considéré qu'un essai au courant minimal de fusion des éléments de remplacement ou à son voisinage était nécessaire. Les valeurs existantes de $2,7-3,3 I_r$ (spécifiées au Tableau 6) peuvent engendrer des durées de fusion de l'ordre de 10 s, ce qui peut rendre nécessaire, dans certains cas, un essai compliqué en deux parties. Il a donc été décidé d'introduire un peu de souplesse en permettant, en cas de difficulté d'essai, de faire l'essai à un courant donnant une durée de fusion inférieure ou égale à 2 s (voir note 1 du Tableau 6).

A.2 Raisons du choix des valeurs de TTR

Les valeurs spécifiées pour la TTR ont été révisées en tenant compte de l'étude effectuée par le Groupe de Travail CC03 – Tensions Transitoires de Rétablissement dans les Réseaux moyenne tension, publiée dans la Brochure Technique CIGRE 134 (1998) [12].

Les valeurs existantes de la CEI 60282-2:1995 (deuxième édition) ont été maintenues à l'exception des valeurs t_d pour $48,3 < U_r < 100$ kV modifiées pour permettre l'alignement de cette valeur sur d'autres documents CEI ou IEEE.

Les valeurs spécifiées de u_c et t_3 sont fondées sur les fréquences et facteurs d'amplitude donnés dans la CEI 60282-2 (1970) (first edition) et l'IEEE C 37.41, qui demeurent bien conformes à celles des réseaux réels. Les valeurs plus sévères publiées dans l'étude CIGRE ne s'appliquent pas aux coupe-circuit de classe A et B parce que ces coupe-circuit sont utilisés à une distance plus grande de la sous-station que les distances considérées dans l'étude CIGRE. Là où les valeurs de l'étude CIGRE ont été moins sévères, comme pour la suite d'essai 4, les valeurs existantes ont été maintenues, à nouveau parce qu'elles reflètent plus précisément les exigences d'application des coupe-circuit. Pour les séries d'essais 1, 2 et 3 et pour $U_r < 100$ kV, les valeurs spécifiées de t_d ($0,15 t_3$) sont fondées sur un amortissement parallèle des TTR des réseaux, et pour $U_r > 100$ kV, ces valeurs ($0,05 t_3$) sont fondées sur un amortissement série.

NOTE Les valeurs TTR pour les coupe-circuit de classe C, qui figuraient dans les précédentes éditions de cette norme, ont été révisées. On a déterminé qu'il n'existait aucun coupe-circuit répondant à ces exigences. De ce fait, toutes les références aux coupe-circuit de la classe C ont été éliminées.

Annexe B (informative)

Dimensions typiques d'éléments de remplacement ayant un tube extincteur interne et utilisé dans les fusibles-déconnecteurs et leurs éléments ouverts

La présente annexe est une première étape vers une normalisation dimensionnelle des éléments de remplacement ayant un tube extincteur interne utilisés dans les fusibles-déconnecteurs de distribution. Elle rassemble et classe uniquement les types et les dimensions spécifiés dans différentes normes nationales existantes. Des fusibles ayant d'autres dimensions ne figurent pas dans cette annexe pour la seule raison qu'ils ne font pas partie d'une normalisation officielle.

Le but de cette annexe est d'informer les pays des efforts faits pour normaliser les éléments de remplacement, et de les inciter à tendre vers une réduction du nombre de modèles. Une deuxième étape est escomptée pour mettre à jour et compléter cette annexe de façon à réaliser une normalisation universelle assurant l'interchangeabilité dimensionnelle des éléments de remplacement utilisés dans certains types de fusibles.

Les dimensions d'un porte-élément de remplacement de tels modèles de coupe-circuit, doivent être telles qu'il puisse loger un élément de remplacement de caractéristique correspondante ayant les dimensions données à la Figure B.1.

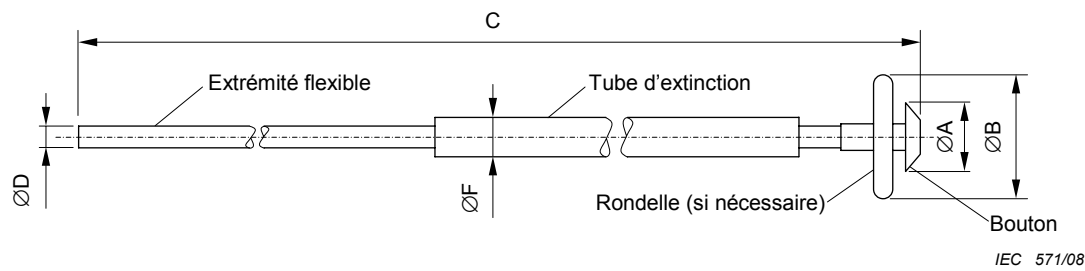


Figure B.1a – Type bouton

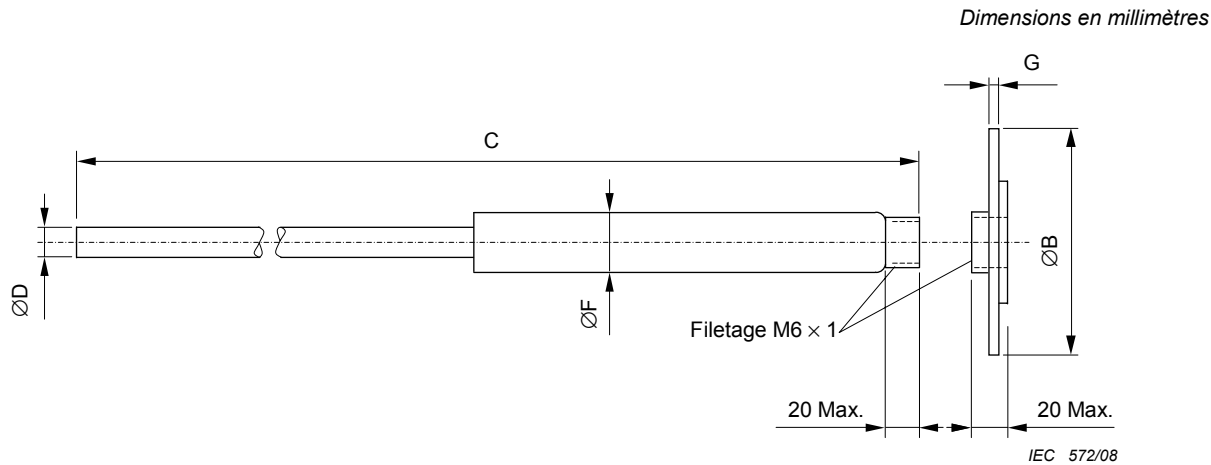


Figure B.1b – Tête démontable

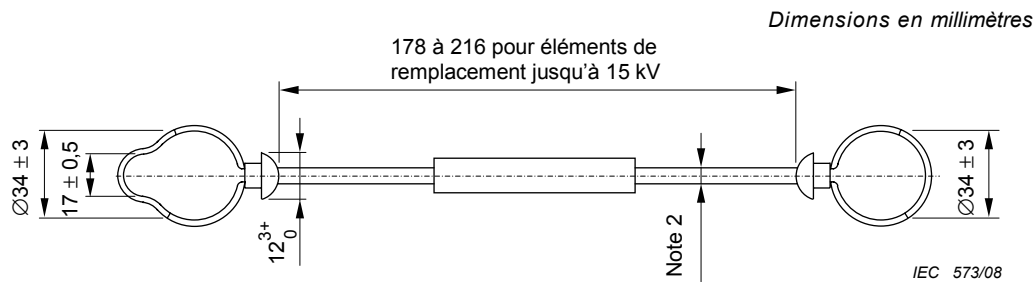


Figure B.1c – Élément ouvert

Courant assigné A	Dimensions mm				
	A	B	C	D (max.)	F (max.)
1 à 50	12,5 ± 0,2	19,0 ± 0,3	Note 1	5,0	Note 3
63 à 100	19,0 ± 0,3	Non applicable	Note 1	8,0	Note 3
140 to 200	25 ± 0,4	Non applicable	Note 1	9,5	Note 3

NOTE 1 La longueur minimale des éléments de remplacement jusqu'à 15 kV compris est 510 mm.

NOTE 2 Le diamètre est de 4,4 mm max. pour les courants de 1 A à 50 A et de 6,8 mm pour les courants de 63 A à 100 A.

NOTE 3 Il convient que la taille et la forme soient telles que l'élément de remplacement puisse entrer librement dans un porte-élément de remplacement ayant les diamètres internes suivants:

- 7,9 mm pour les éléments de courant assigné de 1 A à 50 A, 11,1 mm pour 63 A à 100 A;
- 17,5 mm pour 140 A à 200 A.

Figure B.1 – Dimensions typiques d'éléments de remplacement ayant un tube extincteur interne et utilisé dans les fusibles-déconnecteurs et leurs éléments ouverts

Annexe C (informative)

Perches de manœuvre pour les fusibles

C.1 Perches de manœuvre

Il convient que les perches de manœuvre soient fabriquées en matériau léger. Il convient que leur finition extérieure puisse résister à la manipulation et l'usure générale d'une utilisation normale. Il convient que la longueur maximale permette d'une perche de manœuvre et de ses sections soit appropriée à l'usage. La longueur de la perche peut être réalisée en joignant des sections de façon permanente ou par un montage rapide ne nécessitant pas d'outil. Il convient que le joint permanent ait un profil extérieur doux.

Il est recommandé que toutes sections séparées, conçues pour être assemblées par deux, mais trop courtes pour être utilisées seules, soient réunies de façon permanente au moyen d'une chaîne pour éviter leur utilisation à l'unité. Il convient que la chaîne de liaison soit complètement enfermée par l'assemblage.

Il convient que les perches aient un état de surface doux et une poignée. Il convient que l'adhérence de la poignée à la perche soit suffisante pour résister aux efforts de torsion et de traction mis en jeu pendant l'utilisation normale de la perche.

Il convient que le poids de la perche de manœuvre complète, y compris ses pièces d'assemblage (par exemple les sections et la chaîne), mais sans la tête ou la douille de manœuvre, ne dépasse pas 2,8 kg.

C.2 Têtes ou douilles de manœuvre

Il convient que les têtes ou douilles de manœuvre puissent être fixées sur les perches.

C.3 Essais sur les perches et douilles ou têtes

Des essais de type d'isolement, de flexion, de torsion et de fatigue sont normalement effectués. La vérification de la permanence de leurs caractéristiques comprend typiquement des essais de tenue diélectrique, ainsi qu'une inspection visuelle soignée.

Bibliographie

- [1] CEI 60549:1976, High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors
 - [2] CEI 60787:2007, Application guide for the selection of high voltage current limiting fuse-links for transformer circuit
 - [3] CEI 60265-1:1998, High-voltage switches – Part 1: High-voltage switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV
 - [4] CEI 62271-1, Appareillage à haute tension – Partie 1 : Spécifications communes
 - [5] CEI 60050-151:1978, Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques (supprimé)
 - [6] CEI 60050-441:1984, Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles
Amendement 1(2000)
 - [7] IEC 60282-2:1970, High-voltage fuses – Part 2: Expulsion fuses (supprimé)
Amendement (1995) (supprimé)
 - [8] IEEE C37.41 Standard Design Tests for High-Voltage Fuses, Distribution Enclosed Single-Pole Air Switches, Fuse Disconnecting Switches, and Accessories
 - [9] IEC 60071-2:1996, Coordination d'isolement – Partie 2: Guide d'application
 - [10] AS 1033.1 – 1990: High voltage fuses (for rated voltage exceeding 1000 V) – Part 1: Expulsion type
 - [11] CEI 60085:2004, Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique
 - [12] CIGRE Technical Brochure 134:1998, Transient recovery voltages in medium voltage networks
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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