

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage fuses –
Part 1: Current-limiting fuses**

**Fusibles à haute tension –
Partie 1: Fusibles limiteurs de courant**

Click to visit the full PDF of IEC 60282-1:2009

IECNORM.COM



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage fuses –
Part 1: Current-limiting fuses**

**Fusibles à haute tension –
Partie 1: Fusibles limiteurs de courant**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 29.120.50

ISBN 978-2-88910-090-3

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 General	8
1.1 Scope.....	8
1.2 Normative references	8
2 Normal and special service conditions.....	8
2.1 Normal service conditions	8
2.2 Other service conditions	10
2.3 Special service conditions.....	10
2.4 Environmental behaviour	10
3 Terms and definitions	10
3.1 Electrical characteristics	10
3.2 Fuses and their component parts	14
3.3 Additional terms.....	15
4 Ratings and characteristics	17
4.1 General	17
4.2 Rated voltage	17
4.3 Rated insulation level (of a fuse-base)	18
4.4 Rated frequency	19
4.5 Rated current of the fuse-base.....	19
4.6 Rated current of the fuse-link.....	19
4.7 Temperature-rise limits.....	20
4.8 Rated breaking capacity.....	22
4.8.1 Rated maximum breaking current.....	22
4.8.2 Rated minimum breaking current and class	22
4.9 Limits of switching voltage.....	22
4.10 Rated transient recovery voltage (rated TRV).....	24
4.10.1 General	24
4.10.2 Representation of TRV.....	25
4.10.3 Representation of rated TRV.....	25
4.11 Time-current characteristics.....	26
4.12 Cut-off characteristic	27
4.13 I^2t characteristics	27
4.14 Mechanical characteristics of strikers.....	27
4.15 Special requirement for Back-Up fuses intended for use in switch-fuse combination according to IEC 62271-105	28
4.15.1 General	28
4.15.2 Maximum body temperature under pre-arcing conditions	29
4.15.3 Maximum arcing withstand time	29
5 Design, construction and performance	29
5.1 General requirements with respect to fuse operation	29
5.1.1 General	29
5.1.2 Standard conditions of use.....	29
5.1.3 Standard conditions of behaviour	30
5.2 Identifying markings.....	30
5.3 Dimensions	31
6 Type tests.....	31

6.1	Conditions for making the tests	31
6.2	List of type tests	31
6.3	Common test practices for all type tests	31
6.3.1	General	31
6.3.2	Condition of device to be tested	32
6.3.3	Mounting of fuses	32
6.4	Dielectric tests	32
6.4.1	Test practices	32
6.4.2	Application of test voltage for impulse and power-frequency test	32
6.4.3	Atmospheric conditions during test	33
6.4.4	Lightning impulse voltage dry tests	33
6.4.5	Power-frequency voltage dry tests	33
6.4.6	Power-frequency wet tests	33
6.5	Temperature-rise tests and power-dissipation measurement	34
6.5.1	Test practices	34
6.5.2	Measurement of temperature	35
6.5.3	Measurement of power dissipation	36
6.6	Breaking tests	36
6.6.1	Test practices	36
6.6.2	Test procedure	43
6.6.3	Alternative test methods for Test Duty 3	47
6.6.4	Breaking tests for fuse-links of a homogeneous series	48
6.6.5	Acceptance of a homogeneous series of fuse-links by interpolation	49
6.6.6	Acceptance of a homogeneous series of fuse-links of different lengths	50
6.7	Tests for time-current characteristics	50
6.7.1	Test practices	50
6.7.2	Test procedures	50
6.8	Tests of strikers	51
6.8.1	General	51
6.8.2	Strikers to be tested	51
6.8.3	Operation tests	51
6.8.4	Test performance	52
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC)	53
7	Special tests	53
7.1	General	53
7.2	List of special tests	53
7.3	Thermal shock tests	53
7.3.1	Test sample	53
7.3.2	Arrangement of the equipment	54
7.3.3	Test method	54
7.4	Power-dissipation tests for fuses not intended for use in enclosures	54
7.5	Waterproof test (ingress of moisture)	54
7.5.1	Test conditions	54
7.5.2	Test sample	54
7.5.3	Test method	54
7.6	Tests for Back-Up fuses for use in switch-fuse combination of IEC 62271-105	54
7.6.1	General	54
7.6.2	Pre-arcing temperature rise test	54
7.6.3	Arcing duration withstand test	55

7.7	Oil-tightness tests.....	55
8	Routine tests	56
9	Application guide	56
9.1	Object	56
9.2	General	56
9.3	Application.....	56
9.3.1	Mounting.....	56
9.3.2	Selection of the rated current of the fuse-link	57
9.3.3	Selection according to class (see 3.3.2) and minimum breaking current.....	58
9.3.4	Selection of the rated voltage of the fuse-link	59
9.3.5	Selection of the rated insulation level	59
9.3.6	Time-current characteristics of high-voltage fuses	60
9.3.7	Fuses connected in parallel.....	60
9.4	Operation	61
9.4.1	Locking of the fuse-link in the service position.....	61
9.4.2	Replacement of the fuse-link.....	61
9.5	Disposal	61
Annex A (normative)	Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters	62
Annex B (informative)	Reasons which led to the choice of TRV values for Test Duties 1, 2 and 3	64
Annex C (informative)	Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear.....	66
Annex D (informative)	Types and dimensions of current-limiting fuse-links specified in existing national standards.....	67
Annex E (normative)	Requirements for certain types of fuse-links intended for use at surrounding temperatures above 40 °C.....	70
Annex F (informative)	Determination of derating when the ambient temperature of the fuse exceeds 40 °C	74
Annex G (informative)	Criteria for determining I_t testing validity.....	82
	Bibliography.....	83
Figure 1	Terminology	14
Figure 2	Permissible switching voltages for fuse-links of small current ratings (Table 8).....	23
Figure 3	Representation of a specified TRV by a two-parameters reference line and a delay line	26
Figure 4	Various stages of the striker travel.....	28
Figure 5	Example of a two-parameters reference line for a TRV complying with the conditions of the type test.....	39
Figure 6	Breaking tests – Arrangement of the equipment	43
Figure 7	Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duties 1 and 2	44
Figure 8	Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duty 3	44
Figure 9	Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 1	45
Figure 10	Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 2 (calibration traces as in a) of Figure 9)	46
Figure 11	Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 3	46

Figure A.1 – Example of a two-parameters reference line for a TRV whose initial portion is concave towards the left	63
Figure A.2 – Example of a two-parameters reference line for an exponential TRV	63
Figure C.1 – Test tank for temperature-rise tests of oil-tight fuses	66
Figure C.2 – Details of clamping arrangement for fuse-link in the tank	66
Figure F.1 – Derating curves for some allowed temperature limits	78
Figure F.2 – Practical example: dimensions	79
Figure F.3 – Extract from IEC 60890	80
Figure F.4 – Practical example of application	81
Table 1 – Altitude correction factors – Test voltage and rated voltage	9
Table 2 – Altitude correction factors – Rated current and temperature rise	9
Table 3 – Rated voltages	17
Table 4 – Fuse-base rated insulation levels – Series I	18
Table 5 – Fuse-base rated insulation levels – Series II	19
Table 6 – Limits of temperature and temperature rise for components and materials	21
Table 7 – Maximum permissible switching voltages	22
Table 8 – Maximum permissible switching voltages for certain fuse-links of small current ratings	23
Table 9 – Standard values of rated TRV – Series I	24
Table 10 – Standard values of rated TRV – Series II	25
Table 11 – Mechanical characteristics of strikers	28
Table 12 – Electrical connection to the test circuit – Conductor sizes	34
Table 13 – Breaking tests – Parameters	38
Table 14 – TRV for Test Duty 2 – Series I	40
Table 15 – TRV for Test Duty 2 – Series II	41
Table 16 – Breaking test requirements for fuse-links of a homogeneous series	49
Table F.1 – Temperature limits extracted from Table 6	77

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE FUSES –

Part 1: Current-limiting 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60282-1 has been prepared by subcommittee 32A: High-voltage fuses, of IEC technical committee 32: Fuses.

This seventh edition cancels and replaces the sixth edition published in 2005. The changes introduced by this new edition are only editorial.

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

FDIS	Report on voting
32A/274/FDIS	32A/277/RVD

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

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

A list of all parts of 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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:2009

Withdrawn

HIGH-VOLTAGE FUSES –

Part 1: Current-limiting fuses

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 60282 applies to all types of high-voltage current-limiting 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.

Some fuses are provided with fuse-links equipped with an indicating device or a striker. These fuses come within the scope of this standard, but the correct operation of the striker in combination with the tripping mechanism of the switching device is outside the scope of this standard; see IEC 62271-105.

1.2 Normative references

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

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

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

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60265-1:1998, *High-voltage switches – Part 1: Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV*

IEC 60549:1976, *High-voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors*

IEC 60644:1979, *Specification for high-voltage fuse-links for motor circuit applications*

IEC/TR 60787:2007, *Application guide for the selection of high-voltage current-limiting fuse-links for transformer circuits*

IEC 62271-105:2002, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations*

ISO 148-2, *Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 2: Verification of test machines*

ISO 179 (all parts), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

2 Normal and special service conditions

2.1 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 minimum ambient air temperature is –25 °C.

NOTE 1 The time-current characteristics of fuses will be modified at the minimum and maximum temperatures.

- b) The altitude does not exceed 1 000 m.

NOTE 2 The rated voltages and insulation levels specified in this standard apply to fuses intended for use at altitudes not exceeding 1 000 m. When fuses incorporating external insulation are required for use at altitudes above 1 000 m, one or other of the following procedures should be adopted.

- a) The test voltages for insulating parts in air should be determined by multiplying the standard test voltages given in Tables 4 and 5 by the appropriate correction factor given in column (2) of Table 1.
- b) The fuses may be selected with a rated voltage which, when multiplied by the appropriate correction factor given in column (3) of Table 1 is not lower than the highest voltage of the system.

For altitudes between 1 000 m and 1 500 m and between 1 500 m and 3 000 m, the correction factors can be obtained by linear interpolation between the values in Table 1.

Table 1 – Altitude correction factors – Test voltage and rated voltage

Maximum altitude m (1)	Correction factor for test voltages referred to sea-level (2)	Correction factor for rated voltages (3)
1 000	1,0	1,0
1 500	1,05	0,95
3 000	1,25	0,80

Where the dielectric characteristics are identical at any altitude, no special precautions need to be taken.

NOTE 3 The rated current or the temperature rise specified in this standard can be corrected for altitudes exceeding 1 000 m by using the 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.

For altitudes between 1 000 m and 1 500 m and between 1 500 m and 3 000 m, the correction factors can be obtained by linear interpolation between the values in Table 2.

Table 2 – Altitude correction factors – Rated current and temperature rise

Maximum altitude m (1)	Correction factor for rated current (2)	Correction factor for temperature rise (3)
1 000	1,0	1,0
1 500	0,99	0,98
3 000	0,96	0,92

- c) The ambient air is not excessively (or abnormally) polluted by dust, smoke, corrosive or flammable gases, vapour or salt.
- d) For indoor installations, the conditions of humidity are under consideration but, in the meantime, the following figures can be used as a guidance:
- the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h, does not exceed 95 %;
 - the average value of the vapour pressure, for a period of 24 h, does not exceed 22 hPa;
 - the average value of the relative humidity, for a period of one month, does not exceed 90 %;

- the average value of the water vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 18 hPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 4 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 5 To withstand the effects of high humidity and occasional condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, indoor fuses designed for such conditions and tested accordingly or outdoor fuses may be used.

NOTE 6 Condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment.

- e) Vibrations due to causes external to fuses or earth tremors are negligible.

In addition, for outdoor installations,

- f) account should be taken of the presence of condensation or rain and rapid temperature changes;
- g) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed);
- h) the solar radiation does not exceed 1,1 kW/m².

2.2 Other service conditions

Fuse-links intended for use at surrounding temperatures (see 3.3.11) above 40 °C are covered in this standard in Annex E.

2.3 Special service conditions

By agreement between the manufacturer and the user, high-voltage fuses may be used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1. For any special service condition, the manufacturer shall be consulted.

2.4 Environmental behaviour

Fuses complying with this standard are inert devices during normal service. It is also a requirement of 5.1.3 that no significant external emission takes place. Therefore, they are regarded as environmentally safe devices in service and operation.

3 Terms and definitions

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

3.1 Electrical characteristics

3.1.1

rated value

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

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

[IEV 441-18-35 modified]

3.1.2

rating

set of rated values and operating conditions

[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 the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

NOTE For the method to evaluate and to express the prospective current, see 6.6.2.1 and 6.6.2.2.

[IEV 441-17-01, modified]

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, for example 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

NOTE For the fuses, this instant is usually defined as the moment of the initiation of the arc during the breaking process. Conventions relating to the instant of the initiation of the arc are given in 6.6.2.3.

[IEV 441-17-06]

3.1.6

breaking capacity

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

[IEV 441-17-08, modified]

3.1.7

cut-off current**let-through current**

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a fuse

NOTE This concept is of particular importance when the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

[IEV 441-17-12, modified]

3.1.8

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]

3.1.9

arcing time

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

[IEV 441-17-37, modified]

3.1.10

operating time

total clearing time

sum of the pre-arcing time and the arcing time

[IEV 441-18-22]

3.1.11

Joule integral

I^2t

integral of the square of the current over a given time interval $t_0 - t_1$

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

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 1Ω of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the value of the operating I^2t expressed in $A^2 \times s$.

[IEV 441-18-23 modified]

3.1.12

virtual time

value of 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 are the values of pre-arcing time and of operating time.

[IEV 441-18-37 modified]

3.1.13

time-current characteristic

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

[IEV 441-17-13]

3.1.14

cut-off (current) characteristic

let-through (current) characteristic

curve giving the cut-off current as a function of the prospective current, under stated conditions of operation

NOTE In the case of a.c., the values of the cut-off currents are the maximum values which can be reached whatever the degree of asymmetry. In the case of d.c., the values of the cut-off current are the maximum values reached related to the time-constant as specified.

[IEV 441-17-14]

3.1.15

recovery voltage

voltage which appears across the terminals of 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, modified]

3.1.16**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 fuse. It includes the voltage shift of the neutral point of a polyphase circuit.

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

[IEV 441-17-26, modified]

3.1.17**power-frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[IEV 441-17-27]

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

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

NOTE The definition assumes that 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, for example 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, modified]

3.1.19**switching voltage**

maximum instantaneous value of voltage which appears across the terminals of a fuse during its operation

NOTE The switching voltage may be the arc voltage or may occur during the time of transient recovery voltage.

[IEV 441-18-31]

3.1.20**minimum breaking current**

minimum value of prospective current that a fuse-link is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

[IEV 441-18-29]

3.1.21**power dissipation** (in a fuse-link)

power released in a fuse-link carrying a stated value of current under prescribed conditions of use and behaviour

NOTE Prescribed conditions of use and behaviour usually include a constant r.m.s. value of current until steady temperature conditions are reached.

[IEV 441-18-38]

3.2 Fuses and their component parts

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

conducting part of a fuse provided for an electric connection to external circuits

NOTE Terminals may be distinguished according to the kind of circuits for which they are intended (for example, main terminal, earth terminal, etc.), but also according to their design (for example, screw terminal, plug terminal, etc.).

3.2.3

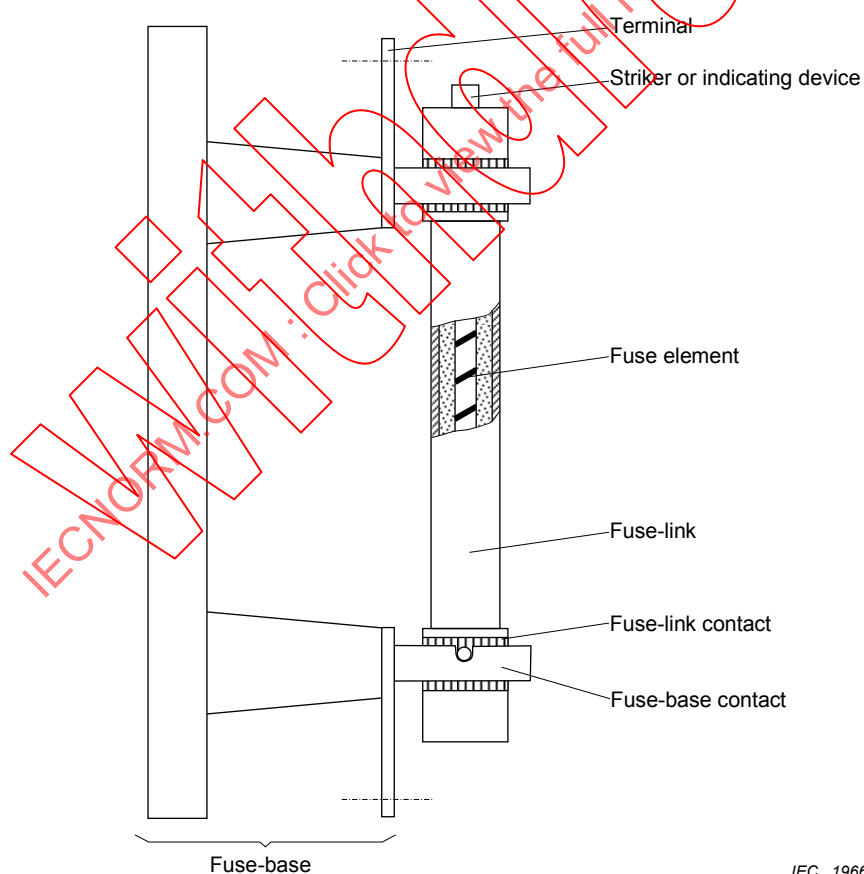
fuse-base

fuse-mount

fixed part of a fuse provided with contacts and terminals

NOTE The fuse-base comprises all the parts necessary for insulation (see Figure 1).

[IEV 441-18-02]



IEC 1966/05

Figure 1 – Terminology

3.2.4

fuse-base contact

contact piece of a fuse-base designed to engage with a fuse-link contact (see Figure 1)

[IEV 441-18-03, modified]

3.2.5

fuse-link

part of a fuse (including the fuse element(s)) intended to be replaced after the fuse has operated (see [Figure 1](#))

[IEV 441-18-09]

3.2.6

fuse-link contact

contact piece of a fuse-link designed to engage with a fuse-base contact (see [Figure 1](#))

[IEV 441-18-04, modified]

3.2.7

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 (see [Figure 1](#))

[IEV 441-18-08]

3.2.8

indicating device indicator

part of a fuse provided to indicate whether the fuse has operated (see [Figure 1](#))

[IEV 441-18-17]

3.2.9

striker

mechanical device forming part of a fuse-link which, when the fuse operates, releases the energy required to cause operation of other apparatus or indicators or to provide interlocking

[IEV 441-18-18]

3.3 Additional terms

3.3.1

current-limiting fuse

fuse that, during and by its operation in a specified current range, limits the current to a substantially lower value than the peak value of the prospective current

[IEV 441-18-10, modified]

3.3.2

classes

three classes of current-limiting fuses are defined according to the range in which they can be used:

- Back-Up fuses
- General-Purpose fuses
- Full-Range fuses

See 9.3.3.

3.3.3

Back-Up fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents from the rated maximum breaking current down to the rated minimum breaking current

3.3.4

General-Purpose fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents from the rated maximum breaking current down to the current that causes melting of the fuse element in 1 h or more

3.3.5

Full-Range fuse

current-limiting fuse capable of breaking, under specified conditions of use and behaviour, all currents that cause melting of the fuse element(s), up to its rated maximum breaking current (see 6.6.1.1, test duty 3)

3.3.6

isolating distance (for a fuse-base)

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

[IEV 411-18-06, modified]

3.3.7

homogeneous series (of fuse-links)

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 (see 6.6.4.1)

[IEV 441-18-34]

3.3.8

external insulation

distances in atmospheric air and surfaces in contact with atmospheric air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc.

[IEV 604-03-02, modified]

3.3.9

self-restoring insulation

insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge

[IEV 604-03-04]

3.3.10

organic fuse-link

a fuse-link that contains a significant proportion of organic (e.g. carbon based) material that could be a possible cause of excessive leakage current following fuse operation. If the manufacturer determines that the location and quantity of organic or other material in a design might lead to excessive post-operation leakage current and breakdown, the manufacturer shall designate the fuse-link as "organic"

3.3.11

surrounding temperature

surrounding temperature is the temperature of the gaseous or liquid dielectric surrounding the fuse-link

4 Ratings and characteristics

4.1 General

- a) Ratings of the fuse-base
 - 1) Rated voltage (4.2)
 - 2) Rated current (4.5)
 - 3) Rated insulation level (power-frequency, dry, wet and impulse withstand voltages) (4.3)
- b) Ratings of the fuse-link
 - 1) Rated voltage (4.2)
 - 2) Rated current (4.6)
 - 3) Rated maximum breaking current (4.8.1)
 - 4) Rated frequency (4.4)
 - 5) Rated minimum breaking current for Back-Up fuses and class (4.8.2)
 - 6) Rated TRV (4.10)
- c) Characteristics of the fuse
 - 1) Temperature rise limits (4.7)
- d) Characteristics of the fuse-link
 - 1) Class (3.3.2 and 4.8.2)
 - 2) Switching voltages (4.9)
 - 3) Time-current characteristics (4.11)
 - 4) Cut-off characteristics (4.12)
 - 5) I^2t characteristics (4.13)
 - 6) Mechanical characteristics of the strikers (4.14)
 - 7) Maximum application temperature (see Annex E).

4.2 Rated voltage

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

NOTE This rated voltage is equal to the highest voltage for the equipment (see Clause 8).

The rated voltage of a fuse should be selected from the voltages given in [Table 3](#).

Table 3 – Rated voltages

Series I kV	Series II kV
3,6	2,75
7,2	5,5
12	8,25
17,5	15
24	15,5
36	25,8
40,5	38
52	48,3
72,5	72,5

4.3 Rated insulation level (of a fuse-base)

The voltage values (both power frequency and impulse) that characterise the insulation of the fuse-base with regard to its capability of withstanding dielectric stresses (see Clause 8).

Two levels of dielectric withstand are recognised for a fuse-base according to European practice. These are termed "List 1" and "List 2" and relate to different severities of application and corresponding different values of test voltage for the dielectric tests (see 9.3.5).

The rated insulation level of a fuse-base should be selected from Tables 4 and 5.

- Table 4 is based on practice in Europe, and standard reference conditions of temperature, pressure and humidity are 20 °C, 101,3 kPa and 11 g/m³, respectively, of water.
- Table 5 is based on practice in the U.S.A. and Canada where standard reference conditions of temperature, pressure and humidity are 25 °C, 101,3 kPa and 15 g/m³, respectively, of water.

It shall be stated whether the fuse is suitable for indoor or outdoor service.

Table 4 – Fuse-base rated insulation levels – Series I

Rated voltage of the fuse kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity)				Rated 1 min power-frequency withstand voltage	
	List 1 kV (peak)		List 2 kV (peak)		(dry and wet) kV (r.m.s.)	
	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)	To earth and between poles	Across the isolating distance of the fuse-base (see note)
3,6	20	23	40	46	10	12
7,2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	38	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	70	80
40,5	180	200	190	220	80	95
52	250	290	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

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

Table 5 – Fuse-base rated insulation levels – Series II

Rated voltage of the fuse kV	Rated lightning impulse withstand voltage (negative and positive polarity) kV (peak)				Rated power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)					
	To earth and between poles		Across the isolating distance of the fuse-base (see note)		To earth and between poles		Across the isolating distance of the fuse-base (see note)			
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor 1 min dry	Outdoor		Indoor 1 min dry	Outdoor	
						1 min dry	10 s wet		1 min dry	10 s wet
2,75	45	–	50	–	15	–	–	17	–	–
4,76	60	–	70	–	19	–	–	21	–	–
8,25	75	95	80	105	26	35	30	29	39	33
15	95	–	105	–	36	–	–	40	–	–
15,5	110	110	125	125	50	50	45	55	55	50
25,8	125	150	140	165	60	70	60	66	77	66
38	150	200	165	220	80	95	80	88	105	88
48,3	–	250	–	275	–	120	100	–	132	110
72,5	–	350	–	385	–	175	145	–	195	160

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

4.4 Rated frequency

Standard values of rated frequency are 50 Hz and 60 Hz.

4.5 Rated current of the fuse-base

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

The rated current of the fuse-base should be selected from the following values:

10 A, 25 A, 63 A, 100 A, 200 A, 400 A, 630 A, 1 000 A.

4.6 Rated current of the fuse-link

The current assigned to the fuse-link that a new clean fuse-link will carry continuously without exceeding specified temperature rises when mounted on a fuse-base specified by the manufacturer and connected to the circuit with certain specified conductor sizes and lengths, at an ambient air temperature of not more than 40 °C (see Clause 8).

The rated current in amperes of the fuse-link should be selected from the R10 series. For special cases, additional values for the rated current of the fuse-link may be selected from the R20 series.

NOTE The R10 series comprises the numbers 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 and their multiples of 10.

The R20 series comprises the numbers 1; 1,12; 1,25; 1,40; 1,6; 1,8; 2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3; 7,1; 8; 9 and their multiples of 10.

4.7 Temperature-rise limits

The fuse-link and the fuse-base shall be able to carry their rated current continuously without exceeding the limits of temperature rise given in [Table 6](#) and without deterioration.

NOTE For fuses used in enclosures, see 6.5.3, 9.3.2 and Annex F.

Where engaging contact surfaces have different coatings, the permissible temperatures and temperature rises shall be as follows:

- a) for bolted contacts and terminals, those of the component having the highest values permitted in [Table 6](#);
- b) for spring-loaded contacts, those of the component having the lowest values permitted in [Table 6](#).

Table 6 – Limits of temperature and temperature rise for components and materials

Component or material	Maximum value of	
	Temperature °C	Temperature rise K
A Contacts in air:		
1 Spring-loaded contacts (copper or copper alloy)		
– bare	75	35
– silver- or nickel-coated	105	65
– tin-coated	95	55
– other coatings (footnote a)		
2 Bolted contacts or equivalent (copper, copper alloy and aluminium alloy)		
– bare	90	50
– tin-coated	105	65
– silver- or nickel-coated	115	75
– other coatings (footnote a)		
B Contacts in oil (copper or copper alloy):		
1 Spring-loaded contacts		
– bare	80	40
– silver-, tin- or nickel-coated	90	50
– other coatings (footnote a)		
2 Bolted contacts		
– bare	80	40
– silver-, tin- or nickel-coated	100	60
– other coatings (footnote a)		
C Bolted terminals in air:		
– bare	90	50
– silver-, nickel- or tin-coated	105	65
– other coatings (footnote a)		
D Metal parts acting as springs (footnote b)		
E Materials used as insulation and metal parts in contact with insulation of following classes (footnote c):		
Class Y (for non-impregnated materials)	90	50
Class A (for materials immersed in oil)	100	60
Class E	120	80
Class B	130	90
Class F	155	115
Enamel: oil base	100	60
synthetic	120	80
Class H	180	140
Other classes (footnote d)		
F Oil (footnotes e and f)		
	90	50
G Any part of metal or of insulating material in contact with oil except contacts and springs		
	100	60
^a If the manufacturer uses coatings other than those indicated in Table 6, the properties of these materials should be taken into consideration. ^b The temperature or the temperature rise should not reach such a value that the elasticity of the metal is impaired. ^c Classes according to IEC 60085. ^d Limited only by the requirement not to cause any damage to surrounding parts. ^e At the upper part of the oil. ^f Special consideration should be given with regard to vaporisation and oxidation when low-flash-point oil is used.		

4.8 Rated breaking capacity

4.8.1 Rated maximum breaking current

The value of breaking capacity specified for a fuse.

The rated maximum breaking current in kA of the fuse-link should be selected from the R10 series.

NOTE The R10 series comprises the numbers 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 and their multiples of 10.

4.8.2 Rated minimum breaking current and class

The manufacturer shall indicate the class (see 3.3.2) and, for Back-Up fuses, the rated minimum breaking current. In the case of General-Purpose fuses, the minimum breaking current may also be indicated.

4.9 Limits of switching voltage

The value of switching voltages during operation in all test duties shall not exceed those given in Tables 7 and 8.

On request, the manufacturer shall indicate the maximum value of the switching voltages as determined in the breaking tests (see 6.6).

Table 7 – Maximum permissible switching voltages

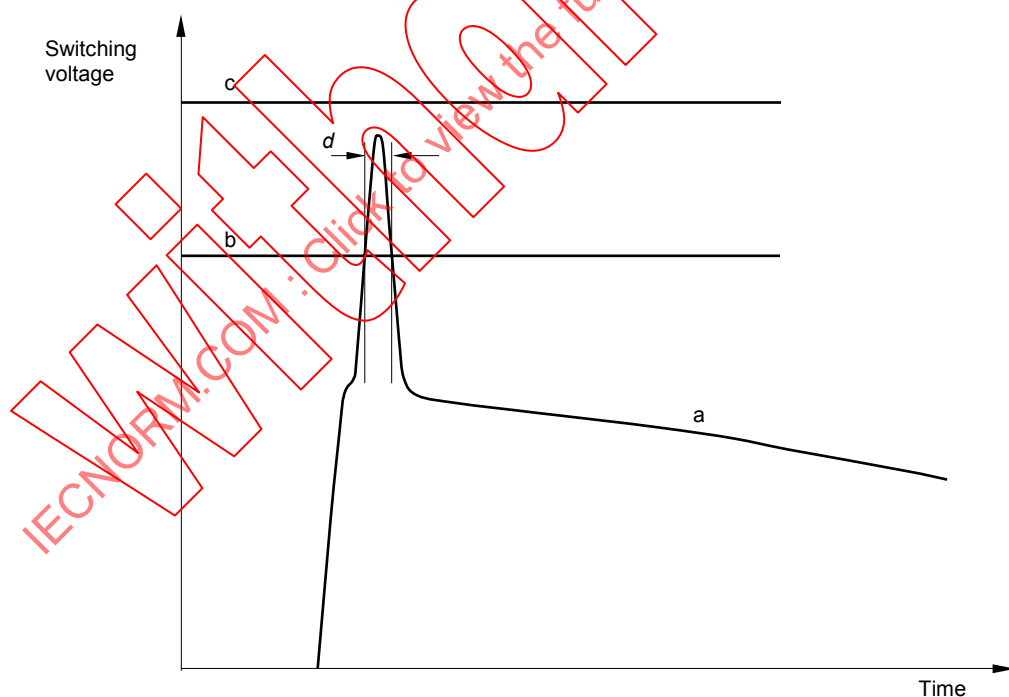
Series I		Series II	
Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV	Rated voltage kV	Maximum switching voltage kV
3,6	12	2,75	8
7,2	23	5,5	18
12	38	8,25	26
17,5	55	15	47
24	75	15,5	49
36	112	22	70
40,5	126	25,8	81
52	162	27	84
72,5	226	38	119
		48,3	150
		72,5	226

Table 8 – Maximum permissible switching voltages for certain fuse-links of small current ratings

Series I up to and including 3,2 A		Series II up to and including 12 A	
Rated voltage	Maximum switching voltage (footnotes a and b)	Rated voltage	Maximum switching voltage (footnote b)
kV	kV	kV	kV
36,6	26	2,75	13
7,2	36	5,5	25
12	50	8,25	38
17,5	63	15	68
24	85	15,5	70
3	120	22 to 25,8	117
		27	123
		38	173

^a For equipment with rated voltages of series I, switching voltages specified in Table 8 are permissible for associated rated lightning impulse withstand voltages of list 2 only (see 4.3).

^b The switching voltage values may exceed the limits given in Table 7 for a duration not exceeding 200 μ s but shall not exceed the limits given in Table 8 (see Figure 2).



IEC 1968/05

Key

- a Switching-voltage curve
b Switching-voltage limit – Table 7

- c Switching-voltage limit – Table 8
d $\leq 200 \mu$ s

Figure 2 – Permissible switching voltages for fuse-links of small current ratings (Table 8)

4.10.1 General

Standard values of rated TRV are specified in Tables 9 and 10. These values apply to the rated maximum breaking current of a fuse.

Table 9 – Standard values of rated TRV – Series I

Rated voltage	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage	Time coordinate	Time delay (footnote a)	Voltage coordinate (footnote b)	Time coordinate (footnote c)	Rate of rise
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/ μs
3,6	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,238
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
17,5	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
36	62	108	16,2	20,6	52	0,57
40,5	69	115	17,2	23	55,5	0,60
52	89	132	6,6	29,5	51	0,68
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

a $t_d = 0,15 t_3$ for $U_r < 52$ kV
and $t_d = 0,05 t_3$ for $U_r \geq 52$ kV

b $u' = 1/3 u_c$ with $u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

c $t' = (0,15 + 1/3) t_3$ for $U_r < 52$ kV
and $t' = (0,05 + 1/3) t_3$ for $U_r \geq 52$ kV

Table 10 – Standard values of rated TRV – Series II

Rated voltage	Basic parameters		Derived values			
	Peak voltage	Time coordinate	Time delay (footnote a)	Voltage coordinate (footnote b)	Time coordinate (footnote c)	Rate of rise
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/ μs
2,75	4,7	37	5,5	1,6	18,1	0,127
5,5	9,4	46	6,9	3,1	22,2	0,204
8,25	14,4	54	8,1	4,8	26,1	0,266
15	25,7	66	9,9	8,6	32,0	0,390
15,5	26,6	67	10,0	8,8	32,2	0,400
25,8	44	91	13,6	14,7	44,0	0,48
38	65	111	16,6	21,7	53,6	0,58
48,3	83	127	19,0	27,6	61,2	0,65
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

a $t_d = 0,15 t_3$ for $U_r \leq 48,3 \text{ kV}$
and $t_d = 0,05 t_3$ for $U_r > 48,3 \text{ kV}$

b $u' = 1/3 u_c$ with $u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

c $t' = (0,15 + 1/3) t_3$ for $U_r \leq 48,3 \text{ kV}$
and $t' = (0,05 + 1/3) t_3$ for $U_r > 48,3 \text{ kV}$

The values given in the tables are prospective values and take into account depression of recovery voltage. In the case of single-phase systems or where fuses are for use in an installation having more severe conditions, the values shall be subject to agreement between manufacturer and user.

The rated transient recovery voltage corresponding to the rated maximum breaking current is used for testing at breaking currents equal to the rated value with the permitted deviation given in 6.6.1.2.2. For testing at breaking current less than the rated value, other values of transient recovery voltage are specified (see 6.6.1.2.3).

4.10.2 Representation of TRV

The waveform of transient recovery voltage varies according to the arrangement of the actual circuits.

For fuses covered by the scope of this standard, the transient recovery voltage approximates to a damped single-frequency oscillation. This waveform is adequately described by an envelope consisting of two line segments defined by means of two parameters (reference line) (see Annex A).

The influence of local capacitance on the source side of the fuse produces a slower rate of rise of the voltage during the first few microseconds of the TRV. This is taken into account by introducing a time delay.

This representation applies both to rated and to other specified transient recovery voltages which are represented by two parameter reference lines together with delay lines.

4.10.3 Representation of rated TRV

The following parameters are used for the representation of the rated TRV (see Figure 3):

- u_c : TRV peak voltage in kilovolts;
- t_3 : time in microseconds to voltage u_c .

A delay line starting on the time axis at the rated time delay t_d running parallel to the first section of the reference line and terminating at a specified voltage u' (time coordinate t').

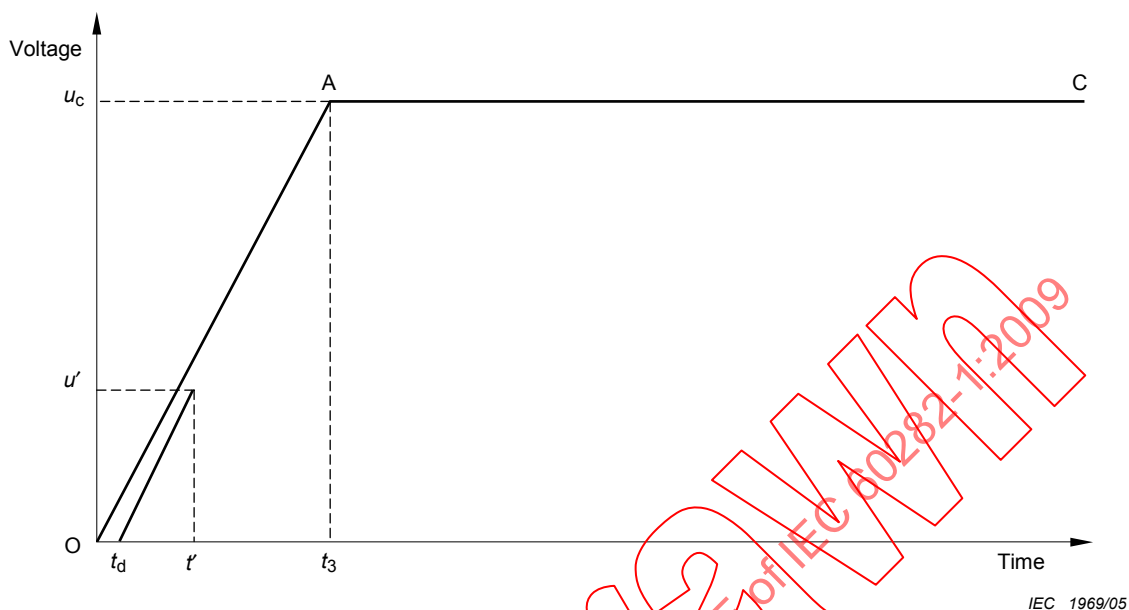


Figure 3 – Representation of a specified TRV by a two-parameters reference line and a delay line

4.11 Time-current characteristics

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 and connected to the test circuit with conductor sizes and lengths as specified in 6.5.1.2.

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 data determined by the time-current characteristics type tests specified in 6.7.2.

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

Logarithmic scales shall be used on both coordinate 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, because of long-established practice in the USA, a ratio of 1:1 (5,6 cm) is recognised as an alternative standard.

The representation shall be made on standardised paper A3 or A4, or according to the USA standard.

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

2 cm; 4 cm; 8 cm; 16 cm and 2,8 cm; 5,6 cm; 11,2 cm.

NOTE It is recommended that the values 2,8 and 5,6 be used wherever possible.

The curves shall show:

- the relation between the virtual pre-arcing time and the prospective current;
- the basis of current, whether mean or minimum. If mean current values are used, the tolerance shall not exceed $\pm 20\%$. If minimum values are used, the tolerance shall not exceed $+50\%$;
- the type and rating of the fuse-link to which the curve data apply;
- the time range as specified in 6.7.2.2. For Back-Up fuses, a dotted line shall be plotted from minimum breaking current to 600 s if the minimum breaking current corresponds to a time less than 600 s.

For the purpose of coordination between fuses or between fuses and other protective devices, the relevant time-current characteristics may be employed for periods down to 0,1 s.

Where higher fault levels result in fuse operation in times less than 0,1 s, the relevant pre-arcing I^2t and operating I^2t data (see notes 1 and 2 of 3.1.11) may be used.

4.12 Cut-off characteristic

The manufacturer shall indicate the upper limit of the cut-off current corresponding to each value of prospective breaking current up to the rated maximum breaking current of the fuse under specified conditions determined as part of the breaking type tests specified in 6.6.

It shall be stated whether the characteristic applies to 50 Hz or 60 Hz.

4.13 I^2t characteristics

The manufacturer shall make available values of operating I^2t and pre-arcing I^2t for those prospective currents for which the fuse exhibits cut-off characteristics.

Values stated for the operating I^2t shall represent the highest values likely to be experienced in service. These values shall refer to the test conditions of this standard, for example, the values of voltage, frequency and power factor.

Values stated for the pre-arcing I^2t shall represent the lowest values likely to be experienced in service.

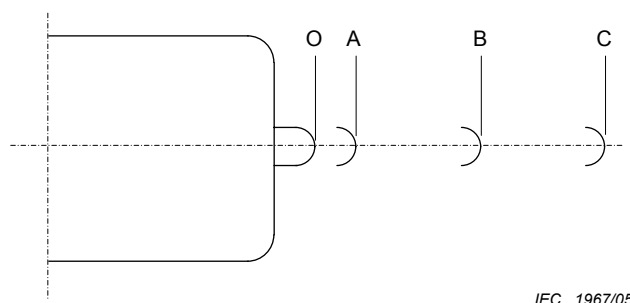
The presentation of I^2t values may be in simple tabular or diagrammatic form (for example, histograms) or may employ graphical presentation with prospective current as abscissa and I^2t as ordinate, both scales being logarithmic with preferred dimensions as in 4.12.

The I^2t values determined as a part of the breaking type tests specified in 6.6 shall not be greater (for operating I^2t) or less (for pre-arcing I^2t) than the values stated by the manufacturer.

4.14 Mechanical characteristics of strikers

Strikers may be classified by the amount of energy they are able to deliver to a mechanical switching device or a signalling device between two points A and B (see [Figure 4](#)) of their travel and by a minimum withstand force. The withstand force is the characteristic which prevents the return of the striker, after operation, to less than the minimum actual travel OB when a static external force is applied.

The mechanical characteristics of the strikers are given in [Table 11](#).



Key

- OA Free travel – No energy output specified
- AB Further travel during which energy must be delivered
- OB Minimum actual travel
- OC Maximum actual travel
- CB Maximum permitted return travel under withstand force (when applicable)

Figure 4 – Various stages of the striker travel

Table 11 – Mechanical characteristics of strikers

Type	Energy	Mechanical characteristics					
		Values of		Actual travel		Minimum withstand force	Maximum duration of travel
		Free travel (OA) (footnote a)	Further travel during which energy must be delivered (AB) (footnote a)	Min. (OB) (footnote a)	Max. (OC) (footnote a)		
	J	mm	mm	mm	mm	N	ms
Light	$0,3 \pm 0,25$	2	8	10	30	Not applicable	50
Medium	$1 \pm 0,5$	4	16	20	40	20	50
Heavy	2 ± 1	4	6	10	16	40	50
^a See Figure 4. ^b Duration of travel is defined as the time from commencement of arcing to the time when travel OB is reached. The additional 50 ms required for the arcing withstand (4.15.2) is to allow for the switch operating time.							

4.15 Special requirement for Back-Up fuses intended for use in switch-fuse combination according to IEC 62271-105

4.15.1 General

For such applications, it is necessary to ensure that

- a) when installed in its service environment, the fuse is able to withstand currents below minimum breaking current during the pre-arcing phase (i.e. just prior to actual fuse melting) without thermal damage to itself or its surroundings;
- b) the fuse arcing withstand time without damage (see 5.1.3) at currents just below fuse minimum breaking current is longer in duration than the tripping time of the associated switch.

4.15.2 Maximum body temperature under pre-arcing conditions

For Back-Up fuses intended for use in striker-tripped fuse-switch combinations according to IEC 62271-105, the fuse manufacturer shall define the maximum body temperature that may be reached with any current above the minimum melting current, and the corresponding current value.

Procedure to define these temperature and current values is given in 7.6.2. In the case of homogeneous series, it is sufficient to perform the test on the fuse having the highest current rating.

4.15.3 Maximum arcing withstand time

The arcing withstand time is the time between the beginning of the arcing and the occurrence of external damage to the fuse. The fuse manufacturer shall provide information regarding the maximum arcing withstand time, at a current value between 70 % and 100 % of rated minimum breaking current.

This time shall be at least 0,1 s. Testing procedure is described in 7.6.3.

5 Design, construction and performance

5.1 General requirements with respect to fuse operation

5.1.1 General

When used in systems with service voltages less than the rated voltage of the fuse, the maximum breaking current is not less than the rated maximum breaking current.

Current-limiting fuses should not be used in systems of voltages less than their rated voltage without regard to the switching voltage produced by the fuse during operation in relation to the insulation level.

No tests have been specified to prove the performance of the fuse in the range of currents below that specified in the breaking tests in 6.6 with respect to its capability to withstand the current of every possible time/current combination without deterioration leading to either premature operation or failure (see Clause 8).

5.1.2 Standard conditions of use

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 lower than the rated minimum breaking current and not higher than the rated maximum breaking current;
- the power-frequency recovery voltage is not higher than that specified in Table 13 (for special conditions, see 9.3.4);
- the prospective transient recovery voltage is within the limits represented by the tests specified in 6.6.1.2;
- the frequency is between 48 Hz and 62 Hz;
- the power factor is not lower than that represented by the tests specified in Table 13;
- the prospective TRV wave, while passing through the delay line and not recrossing it, does not exceed the reference line with the parameters specified in 6.6.1.2.

NOTE As regards the prospective TRV characteristics, the time coordinate t_3 is not significant for the behaviour of fuses (except for those fuses which cause high arc-voltage peaks immediately after arc initiation; see 6.6.1.2.2).

5.1.3 Standard conditions of behaviour

According to the conditions of use indicated in 5.1.2, the behaviour of the fuse shall be as follows.

- a) A powder-filled fuse-link shall not emit flame or powder, although a minor emission of flame from a striker or indicating device is permissible, provided this does not cause breakdown or significant electrical leakage to earth.
- b) After the fuse has operated, the components of the fuse, apart from those intended to be replaced after each operation, shall be in the original state. It shall be possible to remove the fuse-link in one piece after operation.
- c) When fuse-links are provided with indicating devices or strikers,
 - 1) indicating devices need not comply with specific requirements, but shall visually and fully operate;
 - 2) strikers shall comply with the requirements specified in 4.14 and shall operate fully.
- d) Operation shall not generate switching voltages higher than the values specified in 4.9.
- e) The values of cut-off current corresponding to each value of prospective breaking current shall not exceed the values corresponding to the cut-off characteristics given by the manufacturer.
- f) After operation, the fuse shall be capable of withstanding the power-frequency recovery voltage across its terminals.

5.2 Identifying markings

The identifying markings which shall be indelibly marked on fuse-links and fuse-bases are given below.

NOTE When the physical dimensions of the fuse-link are so small as to make it impossible for such markings to include the indications given below, alternative methods may be adopted.

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 trade mark;
 - rated voltage;
 - rated current.
- b) On the fuse-link:
 - manufacturer's name or trade mark;
 - manufacturer's type designation;
 - rated voltage;
 - rated current;
 - rated maximum breaking current;
 - class (Back-Up, General-Purpose, Full-Range);
 - rated minimum breaking current (for Back-Up fuses only);
 - maximum application temperature (for fuse-links designed for use in surrounding temperatures above 40 °C tested in accordance with Annex E);
 - type of striker (light, medium or heavy), if any;
 - location of the striker (if applicable).

It shall also be indicated on both fuse-link and fuse-base, when applicable, if they are designed for outdoor service, or for use in oil, unless this information is included in the type designation or identification code.

5.3 Dimensions

Annex D contains a collection and classification of types and dimensions specified in the various existing national standards.

6 Type tests

6.1 Conditions for making the tests

Type tests are made to check whether a type or particular design of fuse corresponds to the characteristics specified and functions satisfactorily under normal behaviour 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 only if the design is modified in a way which might modify the performance.

Tests made on fuse-links fitted with strikers are valid for fuse-links without strikers.

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. Where a tolerance is not specified, type tests shall be carried out at values no less severe than the specified values, the upper limits being subject to the consent of the manufacturer.

Tests specified in this standard are, in principle, type tests, and methods of sampling for acceptance tests are not given.

If the user wishes to make acceptance tests, these tests shall be selected from the type tests, after agreement between manufacturer and user.

Where tests are made on a fuse whose report of type tests has already been accepted, the responsibility of the manufacturer to the user is limited to the least onerous of the specified values and not to the values obtained during the type tests. For example, although breaking tests may have been made at 103 % of the specified power-frequency recovery voltage, nevertheless the manufacturer is not liable for any performance figures exceeding 100 % of the specified power-frequency recovery voltage.

6.2 List of type tests

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

- dielectric tests (fuse-base only);
- temperature-rise tests and power-dissipation measurement;
- breaking tests;
- tests for time-current characteristics;
- tests of strikers.

6.3 Common test practices for all type tests

6.3.1 General

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

The following shall be common test practices, unless otherwise specified.

6.3.2 Condition of device to be tested

The device shall be new, clean and in good condition. Before the tests are made, with the exception of dielectric and oil-tightness tests, the resistance of each fuse-link shall be measured with a current not exceeding 10 % of the rated current. The value of resistance shall be recorded together with the ambient air temperature at which the measurement was taken.

6.3.3 Mounting of fuses

The fuse to be tested shall be mounted on a rigid earthed metal structure in the normal service position for which it is designed.

Unless otherwise specified, the connections shall be so positioned that the normal clearances are not reduced.

6.4 Dielectric tests

6.4.1 Test practices

Dielectric test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

NOTE Fuse-links cannot be tested as separate devices either in the intact or in the operated state.

6.4.1.1 Mounting

For multipole arrangements of fuses, and when the distance between poles is not fixed by their construction, it is necessary, for test purposes, to provide the minimum distance between poles as specified by the manufacturer.

6.4.1.2 Electrical 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 a straight line substantially parallel to the fuse-link for an unsupported distance of at least the isolating distance of the fuse.

6.4.2 Application of test voltage for impulse and power-frequency test

The test voltage specified in Tables 4 and 5 for the fuse under test shall be applied successively with one terminal of the output of the impulse generator and one point of the power-frequency source connected to earth.

a) Between terminals and all earthable metal parts:

- 1) with the fuse including the fuse-link ready for service;
- 2) with the fuse-link removed.

NOTE 1 For multi-pole arrangements of fuses

- between all live parts of all poles connected together and the earthable metal parts;
- between the terminals of each pole and the earthable metal parts with all the live parts of the other poles connected to the earthable metal parts.

b) Between terminals: these tests are made on fuse-bases only.

The earthable metal parts shall be connected to earth if isolating properties are not assigned to the fuses. If isolating properties are assigned to the fuse, earthable metal parts shall either be insulated from the earth or connected to the mid-point of the source.

NOTE 2 For multi-pole arrangements of fuses, the terminals of one side should be connected together and the terminals of the opposite side should be connected together.

6.4.3 Atmospheric conditions during test

The test shall be made at atmospheric conditions as near as possible to the standard conditions specified in 11.1 of IEC 60060-1.

The correction factors for air density and for air humidity, as given in 11.2.1 and 11.2.2 of IEC 60060-1, may be used for fuses pending further information.

6.4.4 Lightning impulse voltage dry tests

Fuses shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests with 1,2/50 impulses in accordance with Section 6 of IEC 60060-1.

Fifteen consecutive impulses at the rated lightning impulse withstand voltages specified in Tables 4 and 5 shall be applied as follows:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions a) of 6.4.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are not assigned to the fuse-base;
- at the rated withstand voltage across the isolating distance for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are assigned to the fuse-base.

The fuse shall be considered to have passed the test successfully if the number of disruptive discharges to earth, between poles or between terminals on self-restoring insulation, does not exceed two for each test condition and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs (see IEC 60071-1).

The fuse shall be capable of passing the specified tests with voltages of both positive and negative polarity, but where there is evidence as to which polarity will give the lower breakdown voltage, it shall suffice to test with that polarity only.

6.4.5 Power-frequency voltage dry tests

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

The test circuit (transformer with voltage-regulating device) shall have a short-circuit current of at least 0,2 A. It is permissible to check the magnitude of the current at approximately one-tenth of the specified voltage.

The values for the rated 1 min. power-frequency withstand voltage tests are specified in Tables 4 and 5. The tests shall be made at the following values:

- at the rated withstand voltage to earth and between poles for all the test conditions a) of 6.4.2;
- at the rated withstand voltage to earth and between poles for the test conditions b) of 6.4.2 if isolating properties are not assigned to the fuse-base;
- at the rated withstand voltage across the isolating distance for the test condition b) of 6.4.2 if isolating properties are assigned to the fuse-base.

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

6.4.6 Power-frequency wet tests

Outdoor type fuses shall be subjected to power-frequency voltage wet tests under the same conditions as specified in 6.4.5 except for the duration, which is 1 min. However, if a disruptive discharge on self-restoring external insulation occurs, this test shall be repeated with the same

test conditions and the fuse shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

During these tests, the fuses shall be subjected to artificial rain at an angle of 45° to the vertical, the test procedure being in accordance with Clause 9 of IEC 60060-1.

6.5 Temperature-rise tests and power-dissipation measurement

6.5.1 Test practices

Temperature-rise tests and power-dissipation measurement shall be made as specified in 6.3 on one fuse and as follows.

6.5.1.1 Test sample

The fuse-base shall be as specified by the manufacturer of the fuse-link being tested.

The fuse-link shall be of the highest current-rating for use in the fuse-base.

6.5.1.2 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 in air shall be mounted in the most unfavourable position within the instructions specified by the manufacturer and connected to the test circuit by bare copper conductors as follows: each conductor shall be approximately 1 m (3 ¼ ft) long, mounted in a plane parallel to the mounting surface of the fuse, but it may be in any direction in this plane. The sizes of the leads are given in Table 12.

Table 12 – Electrical connection to the test circuit – Conductor sizes

Current rating of the fuse-link (footnote a) A		Size of bare copper conductors (footnote b) mm ²
Up to and including	25	From 20 to 30
Above 25 up to and including	63	From 40 to 60
Above 63 up to and including	200	From 120 to 160
Above 200 up to and including	400	From 250 to 350
Above 400 up to and including	630	From 500 to 600
Above 630 up to and including	1000	From 800 to 1 000
^a For fuse-links in parallel, the current rating to be considered is the total current assigned by the manufacturer. ^b The equivalent area in MCM (thousands of circular mils) can be obtained by multiplying the numbers in mm ² by two.		

Oil-tight fuse-links for use in switchgear shall be tested in an oil-filled enclosure designed to simulate service conditions. The volume of this enclosure shall be about 30 times the volume of the fuse-link under test. The fuse-link shall be immersed in such a manner that the oil is equally distributed around the fuse-link. Annex C gives an example of preferred testing arrangements for fuse-links up to 200 A in accordance with data sheet II of Annex D. The test conductors external to the tank shall be arranged as given in the preceding paragraph, with the sizes as given in Table 12.

Normal clearances need not be provided.

Tests shall be made with the rated current of the fuse-link and 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 increase of temperature rise does not exceed 1 K/h).

The temperature rise of the various parts of the fuse shall not exceed the values specified in Clause 4.

6.5.2 Measurement of temperature

6.5.2.1 Temperature of fuse parts

The temperature of the various parts for which limits are specified shall be determined by devices such as thermocouples, thermometers or contact elements located and secured to provide good heat conduction at the hottest accessible spot. The temperature rise shall be recorded at regular intervals throughout the test when the calculation of the thermal time constant is needed.

The surface temperature of a component immersed in a liquid dielectric shall be measured only by thermocouples attached to the surface of this component. The temperature of the liquid dielectric itself shall be measured below, close to the device (that is in the liquid that cools the device).

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

- a) The bulbs of the thermometers or thermocouples shall be protected against cooling from outside (dry, clean wool, etc.). The protection 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 that alcohol thermometers be used in preference to mercury thermometers, as the latter are more liable to be influenced under these conditions.

6.5.2.2 Ambient air temperature

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the fuse (for enclosed fuses, 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 because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into 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 in 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. This additional fuse shall not be subjected to an undue amount of heat.

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.

6.5.3 Measurement of power dissipation

Fuses intended for use in enclosures may require derating (see 9.3.2 and Annex F). To facilitate this derating, measurement of the power dissipation shall be made as follows.

- a) The measurement of power dissipation can be made during the temperature-rise test. Two values shall be measured, one at 50 % and the second at 100 % of the rated current of the fuse-link. The voltage shall be measured on the fuse-link contacts as close as possible to the point of contact with the immediately mating contact piece. Measurement shall be made when the power dissipation (the temperature) has reached a steady-state value for the current value considered. The power dissipation is expressed in watts.

NOTE This requirement applies only to fuses intended for use in enclosures. For other fuses, see 7.1 and 7.3.

- b) Switchgear manufacturers and users who incorporate fuses into their equipment may take account of the power dissipation values to determine derating factors for different types of fuses fitted into their equipment. The power dissipation value is not the only parameter to define derating factors.

6.6 Breaking tests

6.6.1 Test practices

Breaking test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

6.6.1.1 Description of tests to be made

Tests shall be made according to the instructions given in Table 13 and shall include at least three test duties, giving the most severe breaking conditions throughout the range of operating currents.

Test Duty 1: Verification of operation with the rated maximum breaking current I_1

Test Duty 2: Verification of the operation with prospective current I_2 at which current limitation occurs when a high level of energy is stored in the inductance of the circuit (see note below).

Test Duty 3: Verification of operation at current I_3 :

- for Back-Up fuses, I_3 is the rated minimum breaking current;
- for General-Purpose fuses, I_3 is the current that causes melting in 1 h or more;
- for Full-Range fuses, I_3 is equal to the rated current of the fuse-link. This is in order to allow for the possibility of severe derating which would bring the value of minimum melting current down to near to the fuse rated current.

Test I_t : for fuse-links that exhibit crossover current(s) (see 6.6.1.3).

In the case of fuses that incorporate different arc-quenching mechanisms within the same physical envelope (for example, current-limiting elements and expulsion elements in series), Test Duties 1, 2 and 3 above shall be augmented by additional tests to prove correct operation in the region(s) of current I_t where the breaking duty is transferred from one breaking mechanism to another. Since fuse designs differ widely, specifying precise test requirements, applicable to all designs, is not possible. It is the responsibility of the fuse manufacturer to confirm by the I_t breaking test that the breaking mechanisms are operating correctly to effect proper current interruption within the transitional current region. Typical criteria used in assessing compliance with this requirement are discussed in Annex G.

Additional breaking test requirements for fuse-links intended for use at surrounding temperatures above 40 °C are covered in Annex E.

Values of I_1 , I_2 , I_3 and I_t are the r.m.s. values of the a.c. component of the current.

If, in making tests in accordance with Test Duty 2, the requirements of Test Duty 1 are completely met on one or more tests, then these tests need not be repeated as part of Test Duty 1.

In very exceptional cases, the current I_2 may be higher than the rated maximum breaking current I_1 . Test duties 1 and 2 shall then be replaced by six tests at rated maximum breaking current with making angles as nearly as possible equally distributed with approximately 30 electrical degrees between each. (The parameters used will be those of Test Duty 2 (see Table 13) except the making angle and value of instantaneous current at initiation of arcing.)

If it is impossible in Test Duty 1 to initiate arcing as early as 65 electrical degrees after voltage zero, even by making at the earliest permissible angle, the requirement of one test with the initiation of arcing from 40 to 65 electrical degrees after voltage zero is replaced by an additional test (making a total of three) with initiation of arcing from 65 to 90 electrical degrees after voltage zero.

It is not necessary to make breaking tests on fuse-links of all current ratings of a homogeneous series; see 6.6.4 for the requirements to be met and tests to be made.

A homogeneous series can also be approved without breaking tests by interpolation between the results of tests of related homogeneous series of fuse-links of higher and lower rated voltages; see 6.6.5 for the requirements to be met.

NOTE As a guide, the value of the current I_2 needed to comply with this requirement may be determined by one or other of the following methods.

- a) From the following equation, if one test at a current 150 times the current rating or higher has been made under symmetrical fault initiation in Test Duty 1:

$$I_2 = I_1 \sqrt{\frac{i_1}{I_1}}$$

where

I_2 is the prospective current for Test Duty 2;

i_1 is the instantaneous current at instant of melting in Test Duty 1;

I_1 is the prospective current in Test Duty 1.

- b) By taking between three and four times the current which corresponds to a pre-arcing time of one half-cycle on the time-current characteristic (see 6.7 and 4.11). If a time-current characteristic curve exists for virtual times less than one half-cycle, it is preferable to use the current corresponding on this time-current characteristic to a time of 0,08 normal half-cycle.

Table 13 – Breaking tests – Parameters

Parameters	Test duties		
	1 (footnote a)	2	3
Power-frequency recovery voltage	(0,87 × rated voltage) $^{+5}_{0}$ %		Rated voltage $^{+5}_{0}$ %
Prospective TRV characteristics	See 6.6.1.2		Not specified
Power factor	From 0,07 to 0,15 (footnote b)		0,4 to 0,6
Prospective current (r.m.s. value of the a.c. component)	I_1 $^{+5}_{0}$ %	I_2	I_3 $^{0}_{-10}$ % (footnote c)
Instantaneous current at initiation of arcing	Not applicable	From 0,85 I_2 to 1,06 I_2	Not applicable
Making angle	Not before voltage zero	From 0° to 20° after voltage zero	Random timing
Initiation of arcing after voltage zero	For one test: From 40° to 65° For two tests: From 65° to 90°	Not applicable	Not applicable
Maintained voltage after breaking	Not less than 15 s	Not less than 60 s or 5 min (footnote d)	
Number of tests	3	3	2
^a Since the operating conditions can produce a wide variety of stresses on the fuse and, as the breaking tests are intended in principle to produce the most severe conditions mainly as regards the arc energy and the thermal and mechanical stresses for this value of current, it is recognised that these conditions will be practically obtained at least once, when making the three tests indicated. ^b When the manufacturer agrees, the lower limit does not apply. ^c When testing station limitations prevent the maintenance of constant current, the tolerance on the current can be exceeded in either direction during not more than 20 % of the total melting time, provided that the current at the initiation of arcing is within the tolerance specified for Test Duty 3. ^d For an organic fuse-link, the maintained voltage period after breaking shall be not less than 5 min for the following specific cases: Test Duty 2: for Back-Up, General-Purpose, and Full-Range types Test Duty 3: for General-Purpose and Full-Range types These longer periods of maintained voltage apply only to the largest current rating of a homogeneous series, and do not apply where such fuses are intended only for use in striker-tripped switch-fuse combinations.			

6.6.1.2 Characteristics of the test circuit

6.6.1.2.1 General

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

Where test 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. Such changeover shall not be made until a time of at least 10 s has elapsed from current interruption. Any necessary circuit interruption to effect the changeover shall not exceed 0,2 s duration. The auxiliary source shall be capable of supplying a current of at least 1 A, while maintaining the specified recovery voltage for the remainder of the specified duration. Any breakdown of the fuse during the voltage-holding period (i.e. an increase in leakage current through the fuse to 1 A or more) shall be considered an unsuccessful fuse interruption. Current monitoring may be by any convenient method. One acceptable method is to trip a circuit breaker used to protect the auxiliary source.

The circuit elements used to control the current and power factor shall be in series relationship with each other and with the fuse, as shown in Figures 7 and 8. No reactors shall be used that are vulnerable to saturation.

The test-circuit frequency shall be between 48 Hz and 62 Hz.

It is recommended that there be no distortion of the power-frequency recovery voltage that can readily be seen by inspection of the oscillogram. Where some distortion is unavoidable, it shall not be such as to necessitate the open-circuit voltage to be more than 107 % of the voltage corresponding to the required recovery voltage on Test Duties 1 and 2, as specified in 6.6.1.1.

A measuring system with appropriate frequency response shall be provided for switching voltage measurement during Test Duties 1, 2 and I_t . For Test Duty 3, this measuring system may be replaced by a sphere-gap or a device of equivalent response.

Switching voltage protective equipment used in the test circuit shall be such that no spark-over occurs during the normal interrupting operation of the fuse, since a parallel path through protective equipment may reduce the duty on the fuse.

The prospective transient recovery voltage wave of the test circuit shall comply with the following two requirements:

Requirement a): its envelope shall at no time be below the specified reference line.

NOTE It is stressed that the extent by which the envelope may exceed the specified reference line requires the consent of the manufacturer (see the fourth paragraph of 6.1).

Requirement b): its initial portion shall not cross the specified delay line (if any).

These requirements are illustrated in Figure 5.

Standard values of reference and delay lines specified for the various test duties are as follows.

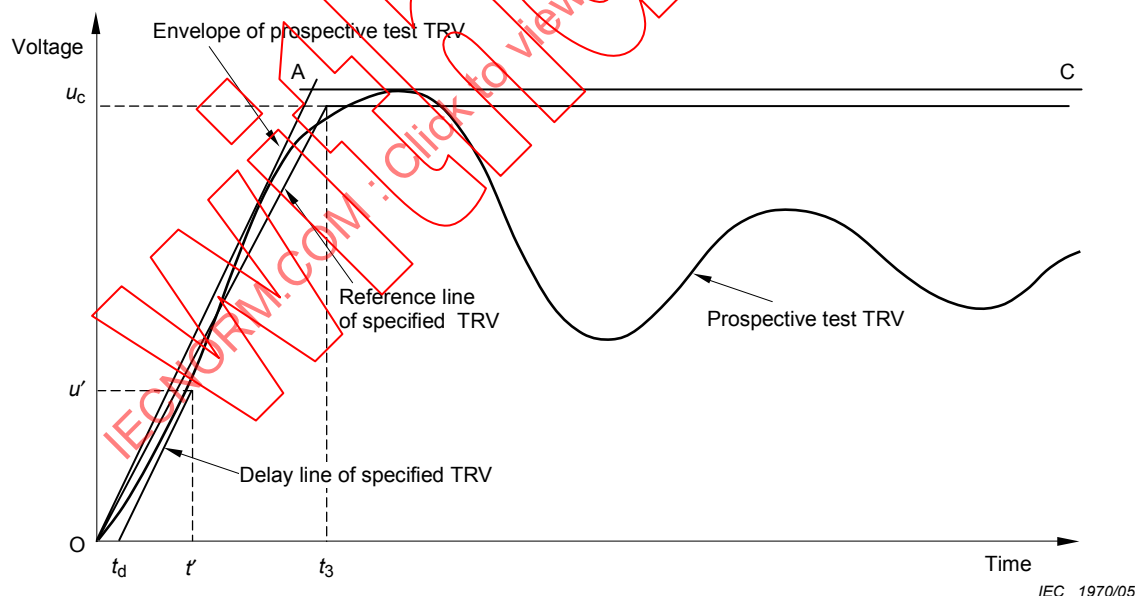


Figure 5 – Example of a two-parameters reference line for a TRV complying with the conditions of the type test

6.6.1.2.2 TRV for Test Duty 1

In principle, the tests are made with the standardised values of TRV specified in 4.10. However, as stated in Annex B, current-limiting fuses are not sensitive to TRV characteristics, except when the highest arc voltage is reached immediately after initiation of the arc. Consequently, for convenience of testing, the tests may be made as follows.

A first test will be made with any convenient prospective TRV and with initiation of arcing from 65 to 90 electrical degrees after voltage zero. If, during this test, the highest peak of arc voltage is not reached within a time equal to $2 t_3$ after initiation of arcing, this test is valid and the Test Duty 1 will be completed in the same circuit. Otherwise, the circuit shall be changed to provide a TRV with an envelope being at no time below the reference line specified in 4.10 and an initial portion not crossing the specified delay line. All the tests of Test Duty 1 shall be made in this new circuit.

6.6.1.2.3 TRV for Test Duty 2

Tests shall be made with the values of prospective TRV specified in Tables 14 and 15 (see Annex B).

The prospective TRV wave of the test circuit shall comply with the following requirements:

- its highest peak shall be not smaller than the parameter u_c specified;
- the rising segment of its envelope shall be between the two lines specified by the tolerance of t_3 .

NOTE 1 A delay line is not specified, because the initial portion of the TRV wave is of no importance for the behaviour of the fuse (see Annex B).

NOTE 2 Especially for fuses where the test current I_2 is small, it may be difficult to achieve the values of time coordinate specified. In such cases, and subject to agreement by the manufacturer, greater values of t_3 are acceptable and should be stated in the test report.

Table 14 – TRV for Test Duty 2 – Series I

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time coordinate	
U_r	u_c (footnote a)	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
3,6	6,6	120 – 160	0,055 – 0,041
7,2	13,2	156 – 208	0,084 – 0,063
12	22	180 – 240	0,122 – 0,091
17,5	32	216 – 288	0,148 – 0,111
24	44	264 – 352	0,167 – 0,125
36	66	324 – 432	0,203 – 0,152
40,5	74	345 – 460	0,214 – 0,160
52	96	396 – 528	0,242 – 0,181
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199
^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$			

Table 15 – TRV for Test Duty 2 – Series II

Rated voltage	Basic parameters		Rate of rise
	Peak voltage	Time coordinate	
U_r	u_c (footnote a)	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
2,75	5	111 – 148	0,045 – 0,033
5,5	10	138 – 184	0,072 – 0,054
8,25	15,4	162 – 216	0,095 – 0,071
15	27,5	198 – 264	0,138 – 0,104
15,5	28,4	201 – 268	0,141 – 0,106
25,8	47	273 – 364	0,172 – 0,129
38	69,5	333 – 444	0,208 – 0,156
48,3	89	381 – 508	0,233 – 0,175
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

6.6.1.2.4 TRV for Test Duty 3

TRV characteristics are not specified; the reactance of the circuit (which may be the reactance of the transformer or the reactance of the transformer and reactor(s)) shall be shunted by a resistance R_p with a value equal to approximately 40 times the value of the reactance. However, if this value does not result in at least critical damping, the resistance shall be lower to achieve critical damping (see Annex B).

Critical damping is obtained when

$$R = \frac{1}{2} \frac{f_0}{f_N} X$$

where

f_0 is the natural frequency of the circuit without additional damping;

f_N is the power frequency;

X is the reactance of the circuit at power frequency.

6.6.1.3 Test I_t (for fuse-links that exhibit cross-over current)

In general, a minimum of two tests shall be performed at each of the two following values:

$$I_{t1} = 1,2 I_t (\pm 0,05 I_t)$$

and

$$I_{t2} = 0,8 I_t (\pm 0,05 I_t)$$

where I_t is the value of crossover current provided by the fuse manufacturer.

If it is known that these values do not represent the most onerous conditions for the given design of fuse, then the manufacturer may nominate other values of I_{t1} and I_{t2} .

The parameters to be used when performing the tests, depending on the values of the cross-over current I_t , are as follows:

- I_t in the short-circuit (current-limiting) range: all test conditions as given in Table 13 as appropriate for the test current;
 - I_t in the low over-current range, i.e. below 12 times rated current: power factor and power frequency recovery voltage as specified for Test Duty 3;
 - I_t in the intermediate current range:
 - power frequency recovery voltage: rated voltage $^{+5}_0$ %;
 - power factor:
 - 0,3 to 0,4 lagging if the cross-over current I_t is between 12 and 25 times the rated current I_r ;
 - 0,2 to 0,3 lagging if the cross-over current I_t is between 25 times the rated current I_r and I_2 .
- TRV: Specified by the fuse-link manufacturer, so as to represent typical values found in circuits for which the fuse-link is intended as being suitable for use, based on the necessary test currents. Guidance as to appropriate values of TRV may be obtained from test standards for other switching devices intended for use under similar circumstances.

The tests should be performed in the current region where there is an abrupt or gradual cross-over of breaking duty from one breaking mechanism to another. Test current values are to be provided by the manufacturer. Typical criteria used in assessing compliance with this requirement are discussed in Annex G.

6.6.1.4 Test samples

The fuse-link shall be tested on a fuse-base as specified by the manufacturer of the fuse-link.

6.6.1.5 Arrangement of the equipment

6.6.1.5.1 Fuses intended for use in air

For Test Duties 1 and 2, the conductors shall be arranged as shown in Figure 6, in order to reproduce the electromagnetic forces that may occur in service. To prevent any movement of the conductors from causing excessive mechanical stresses on the fuse-base, the conductors shall be secured at a distance equal to the insulator height if this height exceeds 0,50 m (20 in), or at 0,50 m (20 in) if the insulator height does not exceed 0,50 m (20 in). The bends shall be placed immediately after the bracing points. No arrangements are specified for Test Duty 3. The fuse shall be tested in the vertical orientation unless it is known that the horizontal arrangement is more severe, in which case the fuse shall be tested horizontally.

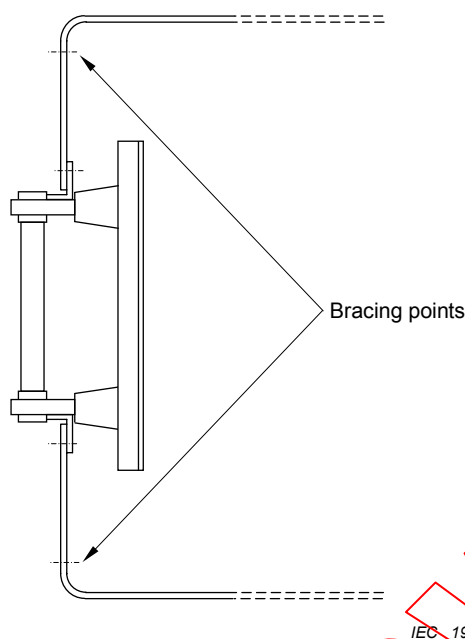


Figure 6 – Breaking tests – Arrangement of the equipment

6.6.1.5.2 Fuses intended for use in oil-filled enclosures

Test Duties 1, 2, 3, and I_t may be performed in air or in an oil-filled enclosure. Since testing in air is held to be more onerous, this may only be done with the agreement of the fuse manufacturer, and in the case of failure, the relevant test duty may be repeated with the fuse in an oil-filled enclosure, using an arrangement of test conductors suitable for that enclosure. The oil-filled enclosure may be the same as used for the temperature rise tests, suitably reinforced, where necessary, with the fuse-link moved to equalise dielectric clearance to the tank and utilising suitable fuse contacts.

6.6.2 Test procedure

6.6.2.1 Calibration of the test circuit

The fuse or the fuse-link under test shall be replaced by a link of negligible impedance as shown in Figures 7 and 8.

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

NOTE For direct tests of Test Duty 3, the calibration of the test circuit may not be necessary, but when made, current may be measured by an ammeter as an alternative to an oscillographic record.

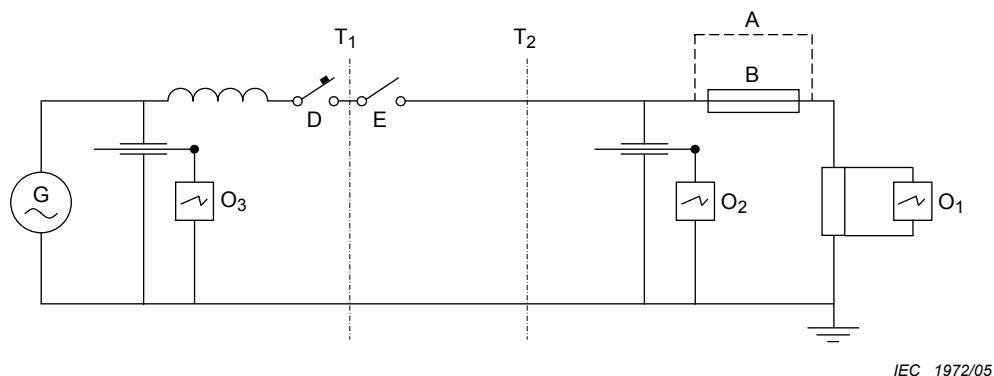
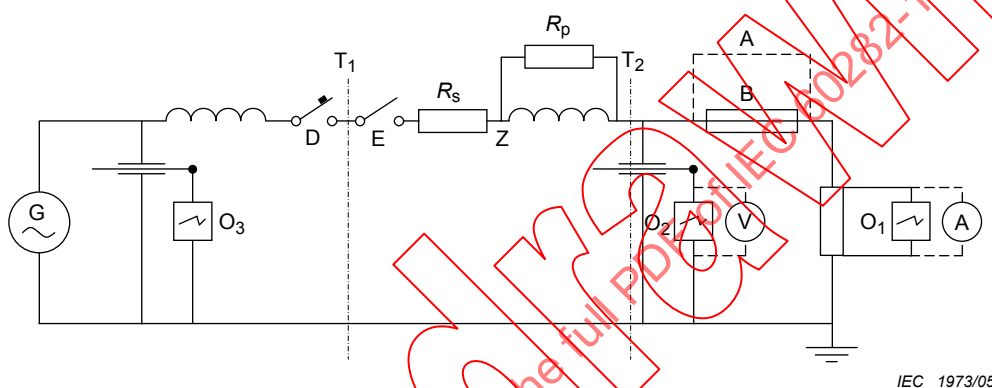


Figure 7 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duties 1 and 2



Key for Figures 7 and 8

A	Removable link used for the calibration test	O ₃	Reference voltage measurement
B	Fuse under test	T ₁ – T ₂	Possible locations of the transformer
D	Circuit-breaker protecting the source	Z	Adjustable impedance
E	Making switch	R _p	Adjustable parallel resistance
O ₁	Current measurement	R _s	Adjustable series resistance
O ₂	Recovery voltage measurement		

Figure 8 – Breaking tests – Typical circuit diagram for Test Duty 3

6.6.2.2 Test method

The link A is removed and is 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 13.

For Test Duties 1, 2, 3 and I_t , switching voltages shall be measured. For test duties 1 and 2, cut-off currents shall be determined.

In Test Duty 3, current may be measured by an ammeter as an alternative or an addition to an oscillograph or similar measuring system.

After the fuse has operated, recovery voltage shall be maintained across the fuse for the period specified in Table 13. The first few cycles shall be recorded by an oscillograph or similar system and the remainder may be observed on a voltmeter.

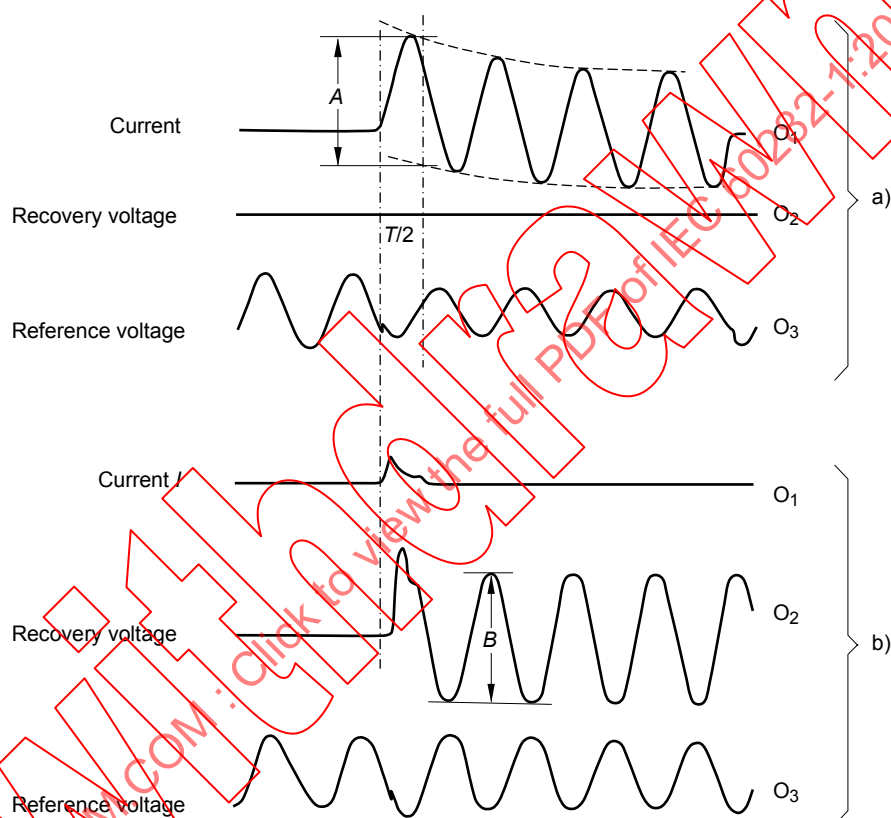
During this period, the power frequency may fall below the specified minimum value.

6.6.2.3 Interpretation of oscillograms

For Test Duties 1 and 2, 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 test (see Figures 9 and 10).

For Test Duty 3 and I_t tests, 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 11).

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 (see Figures 9, 10 and 11).



IEC 1974/05

Key

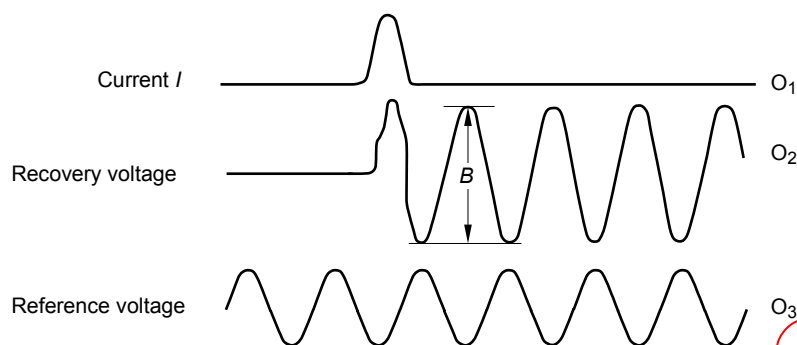
- O₁ Current measurement
- O₂ Recovery voltage measurement
- O₃ Reference voltage measurement
- a) Calibration test
- b) Breaking test

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

Recovery voltage $U = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

NOTE Figures 9, 10 and 11 are for illustration; the currents are not drawn to the same scale.

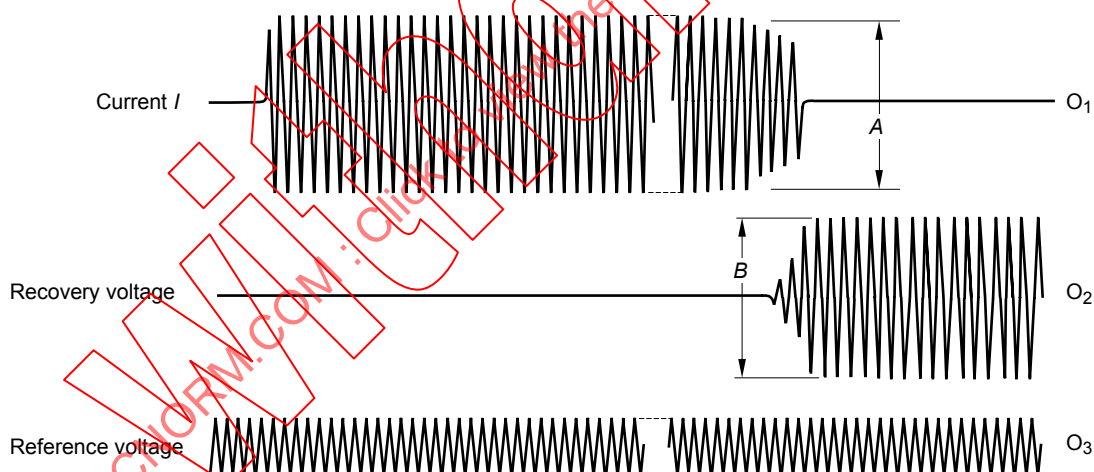
Figure 9 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 1



Key

- O₁ Current measurement
- O₂ Recovery voltage measurement
- O₃ Reference voltage measurement

Figure 10 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 2 (calibration traces as in a) of Figure 9)



Key

- O₁ Current measurement
- O₂ Recovery voltage measurement
- O₃ Reference voltage measurement

Figure 11 – Breaking tests – Interpretation of oscillograms for Test Duty 3

6.6.2.4 Parameters to be used for tests

The parameters to be used when making the tests are given in [Table 13](#).

If a test is made under more severe conditions than specified and if this test is successful, this test shall be valid.

6.6.3 Alternative test methods for Test Duty 3

Test Duty 3 may be performed using a single high-voltage source throughout the test (as in Test Duty 1 or Test Duty 2).

However, where pre-arcing times are long and/or where there are limitations in test-station capability, the Test Duty 3 tests may be conducted as a two-part test. For the first part of the test duration, current is supplied from a low-voltage source. For the second part, which includes the interruption of the current by the fuse, current is supplied from a high-voltage source.

It is also permissible to perform a two-part test using a single high-voltage source where the power factor for part of the pre-arcing period is of a lower value. In this case, the changeover to the correct power factor must occur before arcing commences.

6.6.3.1 Circuit requirements

Circuit requirements are as follows.

- a) A low-voltage power source able to cause the desired current to flow through the fuse under test and means for holding the current constant during the test.
- b) A high-voltage source as described in 6.6.1.2.

The value of the high-voltage current is the current I_3 as defined in 6.6.1.1.

- c) Provision for switching either manually or automatically from the low-voltage source to the high-voltage source at the desired instant during the tests.

The time interval during which the current is interrupted shall not exceed 0,2 s. There shall be no significant asymmetry in the current at the instant of changeover to the high-voltage source.

In general, the changeover should take place while at least one fuse element is still carrying current. For a multi-elemented fuse this would be in the period where elements are melting successively, as shown by step increases in the voltage developed across the fuse.

- d) With the consent of the manufacturer, it is permissible for the changeover to be delayed until all the fuse elements (but not the striker element, where fitted) have melted. All other parameters given in c) still apply.

This procedure is of value in cases where it is difficult to detect the onset of element melting, or where the value of pre-arcing current has to be significantly higher than the chosen value of Test Duty 3 current (see 6.6.3.2).

However, since this method is held to be more onerous for the fuse than method c), in case of failure, it is permissible to repeat the Test Duty 3 tests using method c) since the latter is closer to actual service conditions.

6.6.3.2 Value of pre-arcing test current for Test Duty 3

Values are as follows.

- a) For tests on Back-Up fuses, where the pre-arcing time is less than 1 h, the low-voltage source should be set to the value I_3 and maintained at this value throughout the test.
- b) For General-Purpose fuses, where a minimum time to melt of 1 h is required, the current of the low-voltage source is set to I_3 , but it may be increased after 1 h by up to 15 % above I_3 to induce melting.
- c) For those Full-Range fuses, where the requirement is for an I_3 value equal to fuse rated current, the low-voltage source may be set to a higher value than I_3 throughout the low-voltage part of the test in order to avoid an unnecessarily long testing time, provided that

the resulting pre-arcing time is not less than 1 h. However, the low-voltage current shall not exceed I_3 by more than 42 % during this pre-arcing period.

After the elapse of 1 h, the low-voltage current may be further increased by up to 15 % in order to induce melting.

If this higher value still results in an inconveniently long testing time, it is permissible to install the fuse-link in an enclosure with restricted cooling – again provided a melting time of at least 1 h is obtained.

In cases where the use of such an enclosure is insufficient to cause melting to occur in a reasonable time, then the test method given in Annex E may be used.

6.6.4 Breaking tests for fuse-links of a homogeneous series

6.6.4.1 Characteristics of fuse-links of a homogeneous series

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

- a) Rated voltage, maximum breaking current and frequency shall be the same.
- b) All materials shall be the same, including filling material and its grain distribution.
- c) All dimensions of the fuse-link, except the cross-section and the number of fuse element(s) as detailed below from items d) to h), shall be the same.
- d) In any fuse-link, all the main fuse elements shall be identical.
- e) The law governing the variation of the cross-section of individual fuse elements along their length shall be the same.
- f) All variations in thickness, width and number shall be monotonous¹ with respect to rated current. Thus, balancing an increase in cross-section by reducing the number of fuse elements and vice versa is not allowed.
- g) The variation in distance, if any, between individual fuse elements and the variation in distance, if any, between fuse element(s) and fuse barrel shall be monotonous² with respect to the rated current.
- h) A special fuse element used for an indicator or striker is exempt from items e) and f) above, but this element shall be the same for all the fuse-links.

6.6.4.2 Test requirements

In a homogeneous series of fuse-links, breaking tests need only be made in accordance with [Table 16](#).

¹ Monotonous function: a function continually varying in the same direction for a given direction of the variable.

Table 16 – Breaking test requirements for fuse-links of a homogeneous series

Test duties	Fuse-links to be tested (crosses show the tests to be performed)		
	A	B	C
1	X		X
2 (footnote a)	X (footnote c)		X
3 (footnote b)	X (footnote d)	X (footnote d)	X
^a The test currents I_2 for the fuse-links A and C will have been chosen according to the current rating of fuse-links A and C respectively. ^b The fuse-link of lowest current rating should contain at least two individual main fuse elements in addition to the elements, if any, used for operating the striker. ^c This test is only required where the cross-section of individual elements is less than that for fuse-link C. ^d This test is only required when the ratio I_3/s of fuse-links A and B is less than that of fuse-link C. In this case, the fuse-link having the lowest ratio I_3/s is selected for Test Duty 3.			

Symbols in Table 16 are used with the following meanings:

- A: fuse-link of lowest current rating;
 B: any fuse-link of a current rating between A and C;
 C: fuse-link of highest current rating;
 s: cross-section of each individual fuse element.

6.6.4.3 Interpretation of breaking tests

If the results of tests made according to Table 16 meet the requirements of 5.1.3, any current rating of fuse-links within the homogeneous series shall be deemed to comply with the breaking requirements of this specification.

If a fuse-link does not perform satisfactorily according to 5.1.3 on one or more test series, that fuse-link shall be rejected from the homogeneous series, but such failure does not necessarily entail rejection of any other current rating.

The manufacturer shall make available values of minimum breaking current for fuse-links of all available current ratings in the homogeneous series. These values shall be based upon the Test Duty 3 breaking tests on fuse-link C of the series. Values of minimum breaking current for other current ratings in the same homogeneous series may be determined by calculation. The current density per main fuse element (ratio I_3/s) shall be equal to or greater than for fuse-link C.

6.6.5 Acceptance of a homogeneous series of fuse-links by interpolation

If two homogeneous series X and Z of different voltage ratings U_X and U_Z have been tested successfully, a third homogeneous series Y of an intermediate voltage rating U_Y need not, in principle, be tested provided that the following conditions apply.

- The rated voltage U_Z is not greater than $2 U_X$.
- The current ratings of Y are not outside the range of current ratings common to series X and Z already tested.
- The rated maximum breaking currents at rated voltages U_X and U_Z are the same, or, if they are different, only the lower value is assumed to be applicable to U_Y .
- The rated minimum breaking currents of fuse-links of the same current ratings at rated voltages U_X and U_Z are the same or, if they are different, only the higher value is assumed to be applicable to U_Y .

- e) The rated frequencies are the same.
- f) All materials are the same.
- g) All dimensions except the length of the fuse-links and fuse elements are the same.
- h) For each current rating, the number of individual fuse elements and their cross-section are the same; also the law governing the variation of the cross-section expressed as the number of variations per unit length shall be kept constant when interpolating the length of the fuse elements of intermediate voltage ratings.
- i) The length of the fuse elements is linearly interpolated with respect to the voltage ratings already tested.

6.6.6 Acceptance of a homogeneous series of fuse-links of different lengths

In order to cater for the fixing dimensions of different types of fuse switch or fuse mount, it is sometimes necessary to have a design of fuse-links available in two or more different barrel lengths. In principle, if the shortest version has been fully tested, then it is not deemed necessary to test the longer barrel versions given, provided the following requirements are complied with.

Declared breaking characteristics and ratings based upon tests made in accordance with 6.6.2 and 6.6.4 on a given homogeneous series are valid for other homogeneous series of greater barrel length, provided the following criteria are complied with.

- a) The barrel length of each untested homogeneous series of fuses does not exceed 1,6 times the barrel length of the homogeneous series tested for the same rated voltage. The winding pitch of the main fuse elements may be lengthened, but their length shall be the same as the tested fuse in the series.
- b) The untested range complies with all items in 6.6.4.1 except for barrel length.
- c) The maximum rated current of the untested range is not greater than the maximum rated current of the tested range and the smallest rated current of the untested range is not less than that of the tested range.

6.7 Tests for time-current characteristics

6.7.1 Test practices

Time-current test practices shall be as specified in 6.3 and as follows.

6.7.1.1 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.

6.7.1.2 Arrangement of the equipment

The tests shall be made with the same arrangement of the equipment as for the temperature rise tests if they are made separately (see 6.5.1.2), or for the breaking tests (see 6.6.1.5).

6.7.2 Test procedures

Time-current tests shall be conducted as follows.

6.7.2.1 Pre-arcing time-current tests

Pre-arcing time-current tests may 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.

6.7.2.2 Time range

Tests shall be made in the following time ranges:

- Back-Up fuses: from 0,01 s to 600 s;
- General-Purpose and Full-Range fuses: from 0,01 s to 1 h. For Full-Range fuses, the time range should preferably be extended beyond 1 h.

6.7.2.3 Measurement of current

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

6.7.2.4 Determination of time

When times are recorded by oscillograph, the pre-arcing times shall be the virtual or actual times, with indication of the selected method.

6.8 Tests of strikers

6.8.1 General

These tests are intended to verify that the striker is able to deliver the energy specified in [Table 11](#) even under service conditions that involve low values of current or voltage. The tests in 6.8.3 are also intended to demonstrate that the action of the striker is sufficiently rapid to ensure correct operation of striker-tripped fuse combination units.

The energy of a striker actuated by a spring may be verified either during the operation tests by means of a pendulum or may be measured after the tests from the force-travel characteristics (see 6.8.4.1). The energy of a striker actuated by an explosive charge shall be measured during the course of the operation tests by means of a pendulum.

The withstand force of strikers of medium and heavy types (see [Table 11](#)) shall be tested after the operation tests.

6.8.2 Strikers to be tested

The fuse-links used for the striker tests shall be of the highest current rating and/or power dissipation of the range of fuses using a given type of striker system.

Where a striker system (comprising a striker and a series resistance wire) is common² to a given range (or ranges) of fuse-links, it is necessary to perform the tests on only one fuse-link of any voltage rating in order to prove the striker performance for the whole range (or ranges). The results apply for other voltage ratings of fuse-links, where the same striker system is used, provided the lengths of the resistance wire are approximately proportional to the rated voltages of the fuse-links.

6.8.3 Operation tests

The fuse-links used for the striker tests shall first be placed in a low-voltage circuit and a current applied so as to cause the main fuse elements to melt. The voltage shall be sufficiently low so as to leave the striker circuits of the fuse-links intact. The value of the test current shall be such as to give a pre-arcing time not less than 20 min.

² The striker devices, the material and the cross-section of the resistance wire are identical in all cases, only the length of the resistance wire may vary.

NOTE This preparatory part of the specified operation tests may not be appropriate for strikers with additional thermal relay. Premature thermal tripping of the striker may prevent the proper continuation of the test as specified. Appropriate test requirements to cover this case are not yet specified.

Tests a) and b) shall then be made without undue delay on these fuse-links with melted main fuse elements:

- Test a): Test current: ≤ 10 A
 Test voltage: not specified
- Test b): Test voltage: $\leq 0,075 U_r$
 Test current: not specified

where U_r is the rated voltage of the fuse-links.

The power factor of the test circuit may have any convenient value.

Three samples shall be tested in accordance with test a) and three in accordance with test b).

Where it is practicable to combine tests a) and b), a total of three samples only need be tested.

6.8.4 Test performance

6.8.4.1 General

For tests a) and b) the striker travel, energy output during the actual travel and withstand force shall be within the limits specified in Table 11.

For test b) the duration of travel shall be measured and shall not exceed the value specified in Table 11.

6.8.4.2 Test of energy

When the energy is measured from the force-travel characteristics, this measurement shall be made after the operation tests as follows: forces of the spring F_A and F_B at the beginning and at the end, respectively, of the further travel AB indicated in Figure 4 shall be measured for one sample and the energy calculated from the following formula:

$$\text{energy (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2\,000}$$

where F_A and F_B are expressed in newtons and AB in millimetres.

When the energy is measured by means of a pendulum, this measurement shall be made during the operation test a) as follows.

The use of a pendulum as described in ISO 148-2 is recommended, but with the smaller impact energy values and impact velocities as specified by ISO 179. In particular, machines for testing strikers of medium and heavy type should be of the 4 J type; machines for testing strikers of light type should be of the 0,5 J type.

The hammer of the testing machine shall be provided with a plane steel surface of minimum Vickers hardness HV 235 and of sufficient size, perpendicular to the direction of the striker travel.

After its specified free travel, the striker shall hit the quiescently hanging hammer at its plane surface. The striker travel shall be directed to the centre of percussion of the machine and

shall be normal to a plane defined by this centre of percussion and by the axis of oscillation of the pendulum.

6.8.4.3 Test of withstand force

For heavy and medium strikers, the minimum withstand force shall be tested on three samples after the operation tests a) and b) have been made. This test consists of applying in the axis of the striker a static force equal to the rated minimum withstand force and checking that its residual travel is not smaller than the specified minimum actual travel OB (see [Figure 4](#)).

6.9 Electromagnetic compatibility (EMC)

Fuses within the scope of this standard are not sensitive to electromagnetic disturbances and therefore no immunity tests are necessary. Any electromagnetic disturbance that may be generated by a fuse is limited to the instant of its operation. Provided the switching voltage values during type tests do not exceed those given in [Tables 7](#) and [8](#) of this standard, no other tests for electromagnetic compatibility are required.

7 Special tests

7.1 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.

Unless otherwise specified, the tests shall be made according to the test practices specified in [6.3](#) and as follows.

7.2 List of special tests

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

- thermal shock test (for fuses intended to be used outdoors);
- power dissipation test for fuses not intended for use in enclosures (other fuses have this test as a type test);
- waterproof test (ingress of moisture) for fuses intended to be used outdoors;
- pre-arcing temperature rise test for Back-Up fuses for use in switch-fuse combinations;
- arcing duration withstand test for Back-Up fuses for use in switch-fuse combinations.
- oil tightness test.

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

7.3 Thermal shock tests

7.3.1 Test sample

The fuse-base shall be as specified by the manufacturer of the fuse-link being tested.

NOTE If several current ratings differing only in their fuse elements are involved, testing the fuse-link of the highest power dissipation is sufficient.

7.3.2 Arrangement of the equipment

The fuse shall be mounted within the instructions specified by the manufacturer and connected to the test circuit by bare copper conductors having sizes as specified in [Table 12](#).

7.3.3 Test method

The fuse is subjected for 1 h to a value of current chosen by agreement between manufacturer and user and not exceeding the rated current. Then, the fuse is sprayed with artificial rain at an angle approximately 45 degrees to the vertical, at not higher than room temperature with a rate of precipitation of approximately 3 mm/min. This spraying shall be maintained for 1 min with the test current still flowing.

The fuse shall not exhibit any visible external sign of damage.

7.4 Power-dissipation tests for fuses not intended for use in enclosures

These tests shall be made under the conditions specified in 6.5.

7.5 Waterproof test (ingress of moisture)

7.5.1 Test conditions

The verification of waterproofness (ingress of moisture) is achieved by submerging the test sample in a bath of hot water with a wetting agent. The volume of the water shall be at least 10 times the volume of the test sample.

7.5.2 Test sample

The test sample is a fuse-link representative of its type. Three fuse-links shall be tested.

7.5.3 Test method

Each test sample (at room temperature between 15 °C and 35 °C) shall be submerged for a time of 5^{+0}_{-1} min in the bath having a water temperature between 70 °C and 80 °C.

No bubbles shall emanate from the sample surface after disappearance of bubbles caused by initial submersion.

7.6 Tests for Back-Up fuses for use in switch-fuse combination of IEC 62271-105

7.6.1 General

Suitable tests are required in order that the fuse manufacturer may be able to supply the switchgear manufacturer or end-user with the necessary data.

7.6.2 Pre-arcing temperature rise test

The aim is to ascertain the highest temperature reached by any point of the fuse at any value of pre-arcing current.

For each homogeneous series, the fuse of the highest current rating shall be tested.

Fuses are set up as for the temperature-rise test in 6.5, except that it is only necessary for a measuring sensor to be placed in close contact with the fuse body at its longitudinal centre.

The fuses are subjected to a pre-melting test with a current leading to a melting time of 20 min, which corresponds to the conditions where the highest body temperature is generally reached. In practice, one test giving a melting time in the range 15 min to 25 min is acceptable. The highest temperature measured is to be recorded. It will normally arise a short time after the actual instant of fuse melting.

In the case of fuses fitted with thermally operated strikers, the test current should be switched off at the instant of striker operation, and the highest temperature reached should be recorded.

During these series of tests, the fuses must remain physically intact and undamaged as defined in 5.1.3.

7.6.3 Arcing duration withstand test

This withstand time should be at least 0,1 s.

Where such a value is obtained during Test Duty 3 tests of the fuse according to 6.6. of this standard, this Test Duty 3 value may be submitted as evidence of adequate performance.

Where the submitted Test Duty 3 arc duration is less than 0,1 s, then two additional tests shall be carried out according to 6.6 of this standard for Test Duty 3 except for TRV requirements and with:

- a test current giving an arcing time of at least 0,1 s;
- a value of current greater than 70 % of the fuse minimum breaking current as defined in 3.1.20.

Where it can be shown that the thermal release of the fuse striker at currents below I_3 operates before arcing can occur, then the arcing duration test is not required.

7.7 Oil-tightness tests

Fuse-links of current-limiting fuses designed to be used immersed in oil shall be tested as follows.

If several current ratings differing only in their fuse elements are involved, testing the fuse-link that has the highest power dissipation is sufficient.

The fuse-link shall be immersed in insulating oil under a pressure of 7×10^4 N/m². The rated current of the fuse-link shall be passed through it for 2 h, and the temperature of the oil shall be raised (using supplementary heating if necessary) to between 75 °C and 85 °C and maintained within this range for a test period of 2 h.

If a fuse-link tested according to Annex E is assigned a maximum application temperature (MAT) higher than 85°C, then the oil temperature shall be raised to a temperature at least equal to the fuse-link's assigned MAT. The current passed through the fuse-link should be the maximum permissible continuous current I_{encl} for this temperature (see Annex F).

The current shall be switched off, the supplementary heating discontinued and the oil cooled, or allowed to cool, to a temperature of 15 °C to 30 °C over any convenient period of time.

This cycle shall be carried out six times and the fuse-link shall then be removed from the oil, cleaned externally and opened for inspection of the arc-quenching medium, which shall show no sign of ingress of oil.

8 Routine tests

The provision of cold resistance values or other relevant routine test data on fuse-links shall be a matter for agreement between fuse manufacturer and user.

9 Application guide

9.1 Object

The object of this clause is to present suggestions on application, operation and maintenance as an aid in obtaining satisfactory performance with high-voltage, current-limiting fuses. The manufacturer shall make reference to this clause in his documentation.

9.2 General

A fuse in an electric circuit stands guard at all times to protect the circuit and the equipment connected to it from damage within the limits of its ratings. How well this fuse will perform depends not only upon the accuracy with which it was manufactured, but also upon the correctness of the application and the attention it receives after it is installed. If it is not properly applied and maintained, considerable damage may occur to costly equipment.

High-voltage fuse-links should be handled with at least the same degree of care as any other precision-made item of equipment (such as a relay). Fuse-links should be stored in their protective packaging until required for use. Any fuse-link dropped or otherwise subjected to severe mechanical shock should be checked before use. The check should include an inspection for damage of the fuse barrel and metal parts and a resistance check. A nominal resistance value may usually be obtained from the fuse manufacturer.

If the fuse-link during normal installation and service conditions is subject to severe mechanical stresses, for example, shocks, vibration, etc., acting in one or several directions, it should be verified that the fuse-link can withstand these stresses without damage or deterioration. Practical tests to prove the mechanical withstand of the fuse-links may be carried out by agreement between the user and the manufacturer of the fuses and the switchgear. For switch fuse combinations, see IEC 62271-105.

It cannot be stressed too strongly that prescribed safety rules should be observed at all times when manipulating or maintaining fuses near energised equipment or conductors.

9.3 Application

9.3.1 Mounting

Fuses should be installed in accordance with the manufacturer's instructions. For multipole arrangements of fuses, when the distance between poles is not fixed by the construction, the poles should be mounted with clearances not less than those specified by the manufacturer.

It should be noted that, when fuse-links are subjected to the effect of severe solar radiation, or are used in an enclosure that subjects the fuse-link to a surrounding temperature above 40 °C, certain aspects of the performance of these fuse-links may be significantly affected. Depending on the fuse design, aspects affected may include current rating, time-current characteristics and current breaking ability. Some fuse types have to be specifically designed and tested for such an application (for example some organic fuses). The effect on the fuse's current rating is covered in 9.3.2 and Annex F. Changes to the time current characteristic are also covered in 9.3.2. Additional testing requirements for certain fuse-links intended for use in a surrounding temperature above 40 °C are covered in Annex E.

9.3.2 Selection of the rated current 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 current rating of the fuse-link is less than that of the fuse-base, the effective current rating of the fuse is that of the fuse-link.

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

- a) normal and possible 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.

The rated current assigned by the fuse-link manufacturer is based on a number of factors.

One factor is the temperature rise of the fuse-link contacts, determined at the temperature-rise test in accordance with 6.5 of this standard by testing single phase in free air or in oil.

The conditions of connections, orientation, ambient temperature and mounting are specified. Regardless of the ambient temperature during the test (which may be any value between +10 °C and +40 °C), the results of the temperature-rise test are deemed to be valid up to a service ambient temperature of 40 °C.

The effect of enclosing the fuse-link and the proximity of two other fuse-links of a three-phase set will have an adverse effect on the in-service temperature.

The manufacturer may have determined the rated current using criteria based upon the need to ensure an adequate margin against deterioration of the fuse elements in addition to compliance with temperature-rise limits. Hence it cannot be assumed that a fuse-link will remain satisfactory in service merely because the maximum allowable temperature rises as detailed in [Table 6](#) of this standard have not been exceeded. This particularly applies in the case of lower rated currents but may also apply to the higher current rating of a homogeneous series.

The fuse-link rated current selected for a given application is often determined by factors other than continuous current in service (see IEC 60787). However, if the continuous current in service is the determining factor, then attention has to be paid to the effect of the following conditions (especially if the fuses are used in an enclosure, see Annex F):

- a) temperature of the medium surrounding the fuse-link;
- b) type and size of connections;
- c) orientation of fuse-links;
- d) fuse-link enclosure;
- e) effect of solar radiation;
- f) effect of forced cooling.

Incorrect selection of fuse-link rated current may result in the following:

- 1) deterioration of the fuse-link element;
- 2) deterioration of contacts;
- 3) deterioration of the enclosure.

Furthermore, as compared with fuse-link manufacturers' published information, some conditions may cause the time-current characteristics to be shifted to the left at the long-time

end (see Figure 1 of IEC 60787), and hence the minimum melting currents may have lower values. Note however that the values of minimum breaking current are usually unchanged. It should be noted that, in the case of a General-Purpose fuse, the test current used for the TD3 test may then produce melting of the fuse in less than 1 h. At the request of the user, time-current data may be supplied to cover this situation.

Because the fuse-link and its enclosure produce a system with interacting effects, and each component may be supplied by a different manufacturer, it is essential that sufficient data is made available to permit proper application.

Suitability for a specific application of the fuse-link in an enclosure is the responsibility of the supplier of the fuse enclosure package (FEP) and the user is recommended to follow the instructions of the FEP manufacturer. Otherwise, the responsibility for the choice is considered to rest with the user.

9.3.3 Selection according to class (see 3.3.2) and minimum breaking current

9.3.3.1 General

Fuse-links should be selected so that the value of minimum breaking current is appropriate to the particular application concerned. It should be stressed that use of a fuse-link having too high a value of minimum breaking current could, under certain circumstances, result in disruptive failure of the fuse-link and consequent damage.

9.3.3.2 Fuse-links used in switch-fuse combinations conforming with IEC 62271-105

Minimum breaking current need only be low enough to ensure correct coordination with the switch of the combination (see IEC 62271-105). Back-Up fuses are generally used for this application.

9.3.3.3 Fuse-links used as sole protection for transformer or distribution circuits (see IEC 60787)

- a) For applications where it can be shown by calculation or by service experience that low fault levels are unlikely to occur, then suitable Back-Up fuses may be used. In this case, it is necessary to ascertain that the rated minimum breaking current of the fuse-link is less than the smallest short-circuit current likely to appear upstream of the low-voltage protecting device. Typical values of rated minimum breaking current for fuses used in such applications would be in the range of four to eight times the transformer rated current.
- b) For applications where experience or calculation indicates there is a possibility of very low values of overcurrents occurring on the system (i.e. below about four times fuse rated current), then General-Purpose or Full-Range fuses should be employed. The latter class of fuse is especially recommended for applications where overcurrents can occur at values as low as the fuse minimum melting current and where the fuse has to be de-rated for use in an enclosure.

9.3.3.4 Fuse-links used to provide short-circuit protection in combination with expulsion fuse-links

Minimum breaking current need only be lower than the cross-over current of the series combination. Values of rated minimum breaking current vary widely depending on the design of the combination. Back-Up fuses are normally used for this application.

9.3.3.5 Fuse-links used for motor circuit protection (see IEC 60644)

In general, the minimum breaking current need only be low enough to ensure correct coordination with the switching device over-current relay. Back-Up fuses are normally used for this application. However, where additional safety is required, the fuse-link minimum breaking current should be at least as low as the stalled rotor current of the protected motor.

9.3.3.6 Fuse-links used for capacitor protection (see IEC 60549)

Where fuse-links are used to protect capacitor units, very low minimum breaking current values may be desirable in order to take account of the small increases in current which occur when one or more series connected capacitor elements break down. In the case of fuse-links used only for line protection (where individual units are separately protected by other means), then fuse-links with an appropriately higher value of minimum breaking current may be employed.

9.3.4 Selection of the rated voltage of the fuse-link

The rated voltage of the fuse-link should be selected with regard to the following.

- If used in a three-phase solidly earthed neutral system or impedance- or resistance-earthed neutral system, the voltage rating of the fuse-link should be at least equal to the highest line-to-line voltage.
- If used on a single-phase system, the voltage rating of the fuse-link should be at least equal to 115 % of the highest single-phase circuit voltage.
- If used on a three-phase isolated neutral system or a resonant earthed system, the possible occurrence of a double earth fault with one fault on the supply side and one fault on the load side of a fuse on another phase, should be considered. If the highest line-to-line voltage of this system is higher than 0,87 times the voltage rating of the fuse, tests at a level of at least this higher value are necessary for the fuses to be used.

The possibility of interruption of capacitive currents in the case of single phase-to-earth fault should also be considered. If fuse-links are used in such a network system, without having striker tripping of the associated switch, tests may be carried out by agreement between manufacturer and user, in accordance with the appropriate test conditions of IEC 60265-1. The test currents should be agreed upon in relation to the fuse-link to be tested and the values of the currents in the healthy and faulty phases during earth fault.

9.3.5 Selection of the rated insulation level

Tables 4 and 5 specify values for the rated lightning impulse withstand voltage.

The choice between lists 1 and 2 of Table 4 should be made by considering the degree of exposure to lightning and switching overvoltages, the type of system neutral earthing and, where applicable, the type of overvoltage protective device.

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

- a) in systems and industrial installations not connected to overhead lines:
 - 1) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc suppression coil. Surge protective devices, such as diverters, are generally not required;
 - 2) 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;
- b) in systems and industrial installations connected to overhead lines through transformers and 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 where
 - 1) 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);
 - 2) the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge diverters is provided.

- c) in systems and industrial installations connected direct to overhead lines where
 - 1) 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 of occurrence;
 - 2) 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.

NOTE In case of application of rated lightning impulse withstand voltages of list 1, an agreement between manufacturer and user may be necessary concerning the maximum switching voltages specified in Table 7.

9.3.6 Time-current characteristics of high-voltage fuses

As stated in 9.3.2, the rated current of a high-voltage fuse, although important, is only one of a number of factors to be considered when choosing a fuse for a given application.

A factor of particular relevance when selecting a fuse is the time-current characteristic. This characteristic is of importance in relation to

- a) fuse withstand against transient surge currents, for example, transformer magnetising inrush current, motor starting current;
- b) coordination with other associated protective devices, for example, upstream circuit-breaker relays, downstream low-voltage fuses, motor starter relays;
- c) levels of protection afforded to associated feeder, transformer, motor control circuit, etc.

IEC 60644 and IEC 60787 give some guidance on preferred characteristics for motor control and distribution transformer applications respectively. However, it has not been found possible to standardise high-voltage fuse time-current characteristics because of wide differences in national practices and protection philosophies. Hence there are often wide differences between the characteristics of fuse-links of similar rating but of different type or manufacture.

It is therefore advisable to consult fuse manufacturers and compare time-current characteristics when choosing the optimum fuse-link for a given application.

9.3.7 Fuses connected in parallel

Individual fuse-links of the same type reference and rating may be connected in parallel by the user in order to achieve a higher current rating than would be possible from one fuse alone. In such cases the following should be noted.

- a) The fuse manufacturer should be consulted to determine the suitability of a given fuse design for connection in parallel.
- b) The current rating of the combination will usually be somewhat less than the sum of the individual fuse current ratings, e.g., due to proximity heating effects.
- c) The I^2t values of the combination during operation will be approximately equal to $n^2 \times I^2t$ of a single fuse-link, where n is the number of fuse-links connected in parallel.
- d) The cut-off current value of the combination during operation will be approximately equal to $n \times$ cut-off current value for a single fuse-link at prospective current I_p/n , where I_p is the value of prospective current of the combination and n the number of fuse-links connected in parallel.
- e) Unless advised by the manufacturer it must be assumed that the maximum breaking capacity of the parallel combination of fuses is no greater than that for a single fuse, and the minimum breaking current of the combination is no lower than n times that for a single fuse of the same given type, where n is the number of parallel fuses.

9.4 Operation

9.4.1 Locking of the fuse-link in the service position

Special care should be taken to see that the fuse-link is securely locked in the service position.

9.4.2 Replacement of the fuse-link

It is advisable to remove and to insert fuse-links when in an off-load condition.

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

9.5 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.

Annex A

(normative)

Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters

A.1 General

A transient recovery voltage wave may assume several different forms, both oscillatory and non-oscillatory.

When the wave approaches that of a damped oscillation at one single frequency, the envelope is made up of two consecutive linear segments. The envelope shall reflect as closely as possible the actual shape of the transient recovery voltage. The method described here enables this aim to be achieved in the majority of practical cases with sufficient approximation.

NOTE Nevertheless, some cases may arise where the proposed construction would lead to parameters quite obviously more severe than would be justified by the transient recovery voltage curve. Such cases should be dealt with as exceptions and should therefore form the subject of an agreement between manufacturer and user or the test laboratory.

A.2 Drawing the envelope

The following method is used for constructing the line segments forming the envelope of the prospective transient recovery voltage curve.

- a) The first line segment passes through the origin O, is tangential to the curve, and does not intersect the curve.

In the case of curves whose initial portion is concave towards the left, the point of contact is often in the vicinity of the first peak (see [Figure A.1](#), segment OA).

If the concavity is towards the right, as in the case of an exponential, the point of contact is at the origin (see [Figure A.2](#), segment OA).

- b) The second line segment is a horizontal line tangential to the curve at its highest peak (see [Figures A.1](#) and [A.2](#), segment AC).

The two-parameter envelope O, A, C is then obtained.

A.3 Determination of parameters

The representative parameters are, by definition, the coordinates of the point of intersection of the line segments constituting the envelope.

The two parameters u_c and t_3 , shown in [Figures A.1](#) and [A.2](#), can be obtained as coordinates of the point of intersection A.

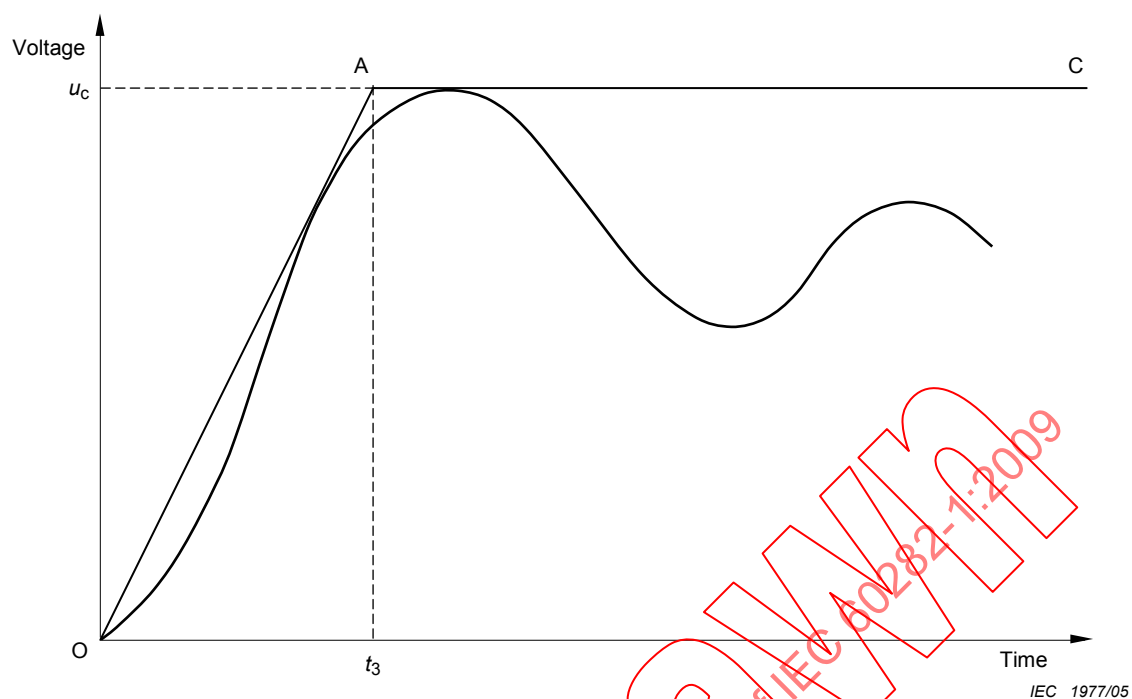


Figure A.1 – Example of a two-parameters reference line for a TRV whose initial portion is concave towards the left

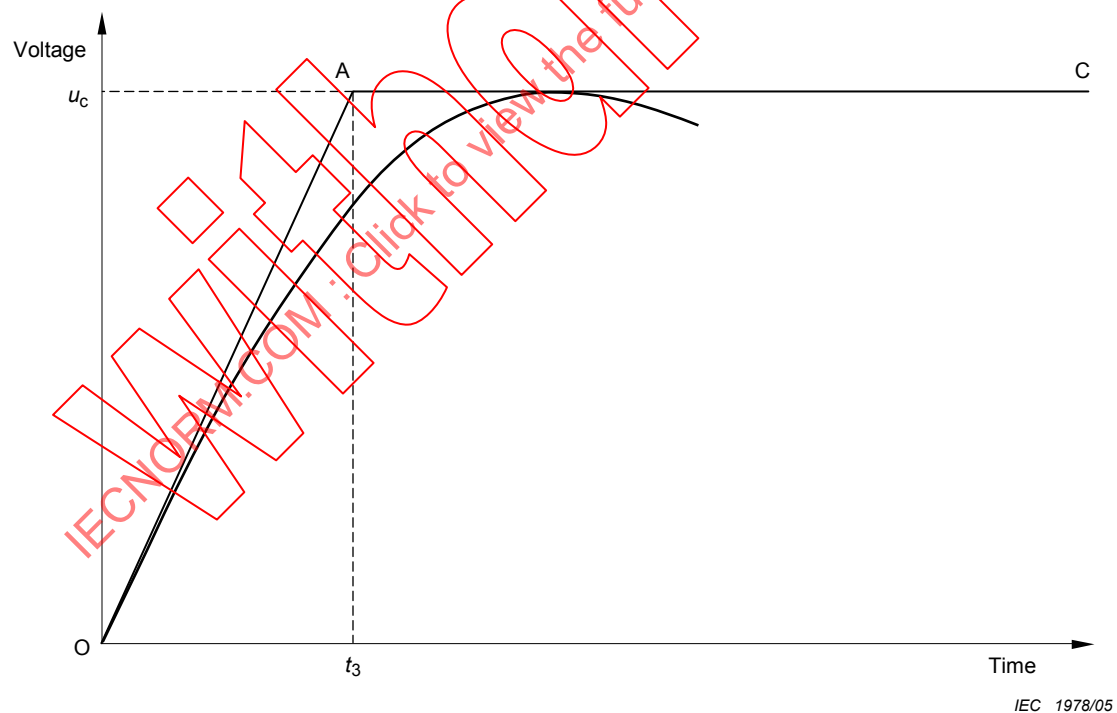


Figure A.2 – Example of a two-parameters reference line for an exponential TRV

Annex B (informative)

Reasons which led to the choice of TRV values for Test Duties 1, 2 and 3

A high-voltage fuse must operate satisfactorily under all normal service conditions and break the circuit without causing too high a switching voltage. The breaking tests specified in this standard should therefore represent, as far as possible, the most onerous conditions normally met in service. Because fuses are used in the same networks as circuit-breakers, it might seem logical to use the same prospective TRV values as have been specified in IEC 62271-100 for circuit-breakers. However, careful study has shown that these values would not be suitable for tests on fuses due to the different principles involved in circuit interruption by circuit-breakers as compared to fuses.

Like a circuit-breaker, a fuse may cause transients in the recovery voltage after current zero, but it also produces a high arc voltage which may be dependent on the characteristics of the circuit as determined by the TRV conditions. It is therefore necessary to consider two fundamentally different effects of these test circuit parameters; the effect on the arc voltage and the effect on the transient recovery voltage.

Fuse failures could be caused either by an excessive peak voltage during arcing or by voltage after arc extinction which is itself excessive or produces repetitive restriking. The test should therefore prove that neither of these types of failure occurs.

It has been found necessary to test fuses at three different prospective breaking currents I_1 , I_2 and I_3 corresponding to test duties 1, 2 and 3 in Table 13 of this standard. Since tests at I_3 usually cover the performance at small overload currents, it is only necessary to cover the complete range of prospective short-circuit currents in tests at I_1 and I_2 which sometimes differ very widely from each other. In general, I_2 varies between 0,2 % and 100 % of I_1 , depending on the current rating, the rated maximum breaking current and the design of a particular fuse. The wide range of prospective breaking currents, each associated with an infinite variety of TRV conditions, can only be covered by the two test currents by taking account of the empirical knowledge of the behaviour of current-limiting fuses. Based on present knowledge of fuse techniques and on experimental evidence, the following facts were taken into consideration.

During its arcing time, a fuse absorbs such an amount of energy that transient voltage oscillations, due to the inductance and capacitance of the circuit, are generally completely damped out. The only exception may occur during the first few microseconds after melting, while the arc is being established. During this period, the arc is still in relatively cool surroundings and the damping effect by energy absorption can be small, resulting in high peak transient voltages if the arc voltage rises very steeply to a higher voltage than the crest of the source voltage.

However, in the majority of the fuse designs marketed today, the arc voltage does not rise in this way and excessive arc voltages are not usually produced.

Further, transients will only be generated in the recovery voltage if, immediately before or after current zero, there is a step change from arc voltage to the circuit e.m.f. or by chopping the current. Because of the residual conductivity of the hot arcing products in a blown fuse-link, severe chopping does not take place and the voltage step is the only condition which has to be considered.

Because the fuse absorbs a large amount of energy during the arcing period, the power factor can be considered as shifting from its original value towards unity. The actual current zero is thus nearer to the voltage zero than it would be in the same circuit without any arc voltage.

With the very high currents, defined by I_1 , there is practically no voltage step at current zero and consequently recovery voltage transients are not produced.

However, with Test Duty 2 where I_2 is generally lower than I_1 , the shift of the power factor is less pronounced and the value of the circuit e.m.f. at current zero is sufficient to produce a voltage step and considerable transients. The value of I_2 is deliberately chosen to produce conditions giving a minimum power-factor shift so that the maximum voltage step is likely with this test current rather than with I_1 . In the first few milliseconds after current zero, the hot products of the arc are still in a conducting state and this conductivity decreases, due to heat dissipation, slowly in comparison with the time constants of the transient voltage. In fuse testing, this conductivity produces additional damping of transient in the recovery voltage. However, the amount of damping is proportional to the characteristic impedance

$$\sqrt{L/C} = 2\pi f_0 L$$

of the circuit. As a result, transients of higher natural frequency f_0 are more effectively damped than those of lower frequency. These lower frequency transients are therefore sustained for longer and, since these are imposed on the power-frequency recovery voltage, they may produce an extra voltage stress on the blown fuse-link particularly if they persist until the crest value of the power-frequency recovery voltage is reached. Failures have occurred due to restrikes caused by this extra stress and the test specifications must therefore take account of this condition.

The above considerations may be summarised as follows.

The arc voltage of a fuse is not significantly affected by the TRV conditions of the circuit, except during the first few milliseconds after melting.

Whether transients in the actual recovery voltage will be produced depends on the value of the breaking current. The highest transients are to be expected with test currents I_2 of Test Duty 2, and the transients with the lowest natural frequencies are the more harmful. If test current I_1 is very high compared with I_2 , it does not usually produce transients.

Since it was desirable that the TRV characteristics for fuses and circuit-breakers should be the same, it was decided to accept the standardised values specified in IEC 62271-100. However, bearing the above factors in mind, the following decisions were taken as regards the test.

Test Duty 1 – Since transients are not generated in the actual recovery voltage, the prospective TRV conditions are irrelevant and therefore not specified. The exceptional case, where the TRV conditions can influence the peak arc voltage, has been covered separately.

Test Duty 2 – Since low-frequency transients have been shown to be more harmful, appropriate values to produce a typical low-frequency prospective TRV have been derived from the circuit parameters specified in IEC 62271-100 (see Tables 14 and 15 of this standard). Assuming single-frequency oscillations, these values represent one-fourth to one-third of the lowest frequencies in IEC 62271-100 for the relevant voltages. In addition, the figures of peak voltage have been based on an amplitude factor of 1,5, as compared with 1,4 in Tables 9 and 10 of this standard.

Test Duty 3 – This standard does not specify TRV conditions; instead, 6.6.1.2 specifies that a resistor shall be shunted across the circuit reactances in order to obtain complete suppression of oscillating transients. However, experience has shown that this suppression is sometimes not obtained, particularly in circuits of very low natural frequency, when the resistor is of the value specified. These values have therefore been modified to ensure that at least critical damping is achieved regardless of the natural frequency of the test circuit.

Annex C (informative)

Preferred arrangements for temperature-rise tests of oil-tight fuse-links for switchgear

Figure C.1 gives a typical example of a testing arrangement for fuse-links with a diameter of 63,5 mm, lengths from 256 mm to 361 mm and current ratings from 63 A up to 200 A.

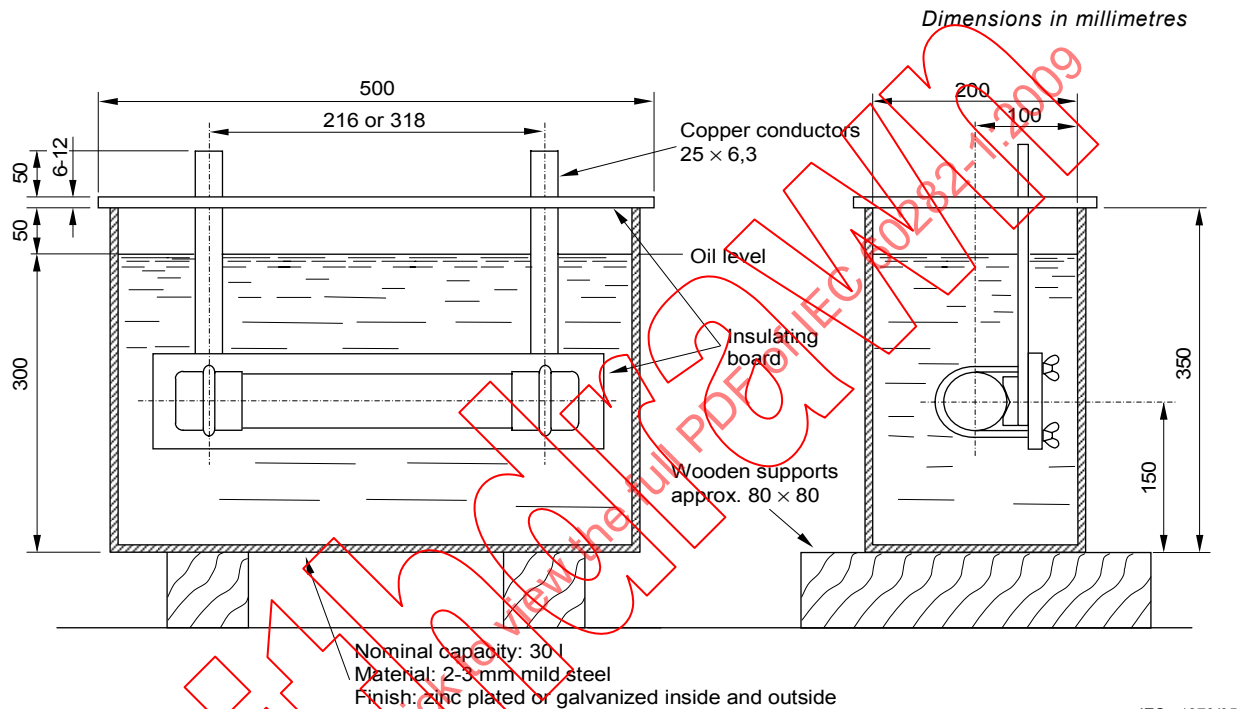
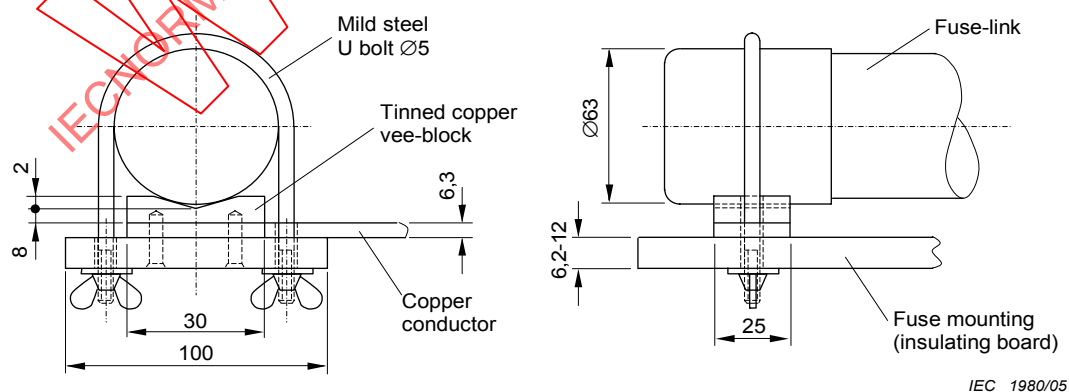


Figure C.1 – Test tank for temperature-rise tests of oil-tight fuses



NOTE This arrangement may also be employed for breaking capacity tests. Suitable reinforcement may be employed, where necessary, and the fuse-links may be moved to equalise dielectric clearances to the tank.

Figure C.2 – Details of clamping arrangement for fuse-link in the tank

Annex D (informative)

Types and dimensions of current-limiting fuse-links specified in existing national standards

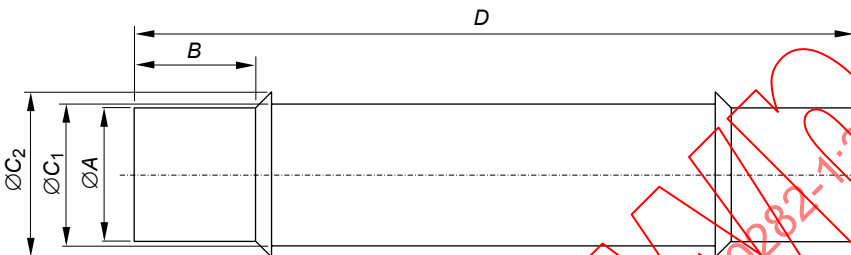
This annex is a first step towards a dimensional standardisation of current-limiting fuse-links. It collects and classifies only the types and the dimensions specified in the various existing national standards. Other current practices with other dimensions are not included for the simple reason that they are not officially standardised.

It is expected that this annex will keep countries informed of efforts devoted to the standardisation 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 up-date and complete this annex in order to obtain a worldwide standardisation providing dimensional interchangeability of current-limiting fuse-links.

Pending further information, three types of fuse-links (I, II and III) are defined according to the dimensions shown on the following data sheets I, II and III.

FUSE-LINKS FOR CURRENT-LIMITING FUSES				Data sheet I
TYPE I <i>Dimensions in millimetres</i> IEC 1981/05				
ØA	B	ØC ₂ min.	ØC ₁ and C ₂ max.	D ₋₁ ⁰
45 ± 1	33 ⁺² ₀	50	88	192 292 367 442 537
55 ± 0,5	35 ± 1	60	80	450

The striker or indicator, if any, shall be on the centre-line of the fuse-link.

	FUSE-LINKS FOR CURRENT-LIMITING FUSES	Data sheet II		
TYPE II		Dimensions in millimetres		
 IEC 1982/05				
$\varnothing A \pm 0,5$	$B \begin{smallmatrix} +13 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\varnothing C_1$ max.	$\varnothing C_2$ max.	$D \begin{smallmatrix} 0 \\ -4 \end{smallmatrix}$
25,4	15	28	28	145 197 256
50,8	38	54	55,6	275 361 567 916
63,5	38	67	68	256 361
76,2	38	80	81	256 361 567 916

The striker or indicator, if any, shall be on the centre-line of the fuse-link.

Annex E (normative)

Requirements for certain types of fuse-links intended for use at surrounding temperatures above 40 °C

E.1 Types of fuse-link covered by this annex

E.1.1 General

Only certain types of fuse-link are covered by this annex. Other types, although used in applications that expose them to surrounding temperatures above 40 °C, have construction, application, or service history considerations that are deemed such as to exempt them from some, or all, of these requirements.

E.1.2 Covered fuse-link types

- a) Back-Up and General-Purpose fuse-links of organic type as defined in 3.3.10.
- b) Full-Range fuse-links of all types.

E.1.3 Exempted fuse-links

- a) Back-Up and General-Purpose type fuse links not classified as organic are exempt from MAT breaking test requirements.
- b) Organic fuse-links for use only with striker tripped switchgear are exempt from MAT breaking test requirements
- c) Organic Back-Up fuse-links that are intended only for use in equipment where there is no significant heat source other than the fuse itself (e.g. fuse-links in switch-fuse combinations covered by IEC 62271-105 or similar) are exempt from MAT breaking test requirements.

E.2 General

Normal service conditions as given in 2.1 specify a maximum ambient temperature of 40°C. However, some types of fuse-links are intended for use in surrounding temperatures well above this limit. Application examples include use within transformer tanks and other equipment capable of significant heat generation, and also situations involving strong incident sunlight or high ambient temperatures. This annex lists the specific types of fuse-link involved, and the special requirements that apply to fuses for such applications. When a fuse-link intended for such an application requires tests according to this annex, the fuse is assigned a maximum application temperature (MAT) defined in Clause E.3. It is the temperature at which such tests are performed. If the maximum temperature for a particular application is known, an appropriately tested fuse may then be chosen (that is, one having an MAT equal to or greater than the maximum temperature anticipated in service).

It should be noted that, for some applications, the MAT might only occur under abnormal conditions, for example transformer overload or during equipment failure. In such cases, although a fuse can be assigned an appropriate MAT, it may not be suitable for continuous operation at such a temperature without exceeding the maximum temperatures specified in [Table 6](#). Indeed, some typical MAT values may be higher than the maximum temperatures specified in [Table 6](#).

Fuses covered by this annex are likely to need derating for typical service conditions (see Annex F and consult the manufacturer for information on fuse derating at surrounding temperatures above 40 °C).

E.3 Definitions

Maximum Application Temperature (MAT)

This is a temperature assigned by a manufacturer to a fuse-link. It is the maximum temperature of the surrounding medium in contact with the fuse-link that it has been shown to be capable of withstanding without impairing its ability to interrupt fault current. It applies only to fuses designed for use in temperatures in excess of 40 °C.

E.4 Preferred MAT ratings

For fuse-links intended for use above 40 °C, the manufacturer shall provide information regarding the MAT value. This value should be selected from the R20 series 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 112, 125, 140, etc. Preferred values are 71 °C, 112 °C and 140 °C.

E.5 Specific service conditions

The requirements in this annex are intended to cover the following service conditions. They are the same as those covered in informative Annex F that discusses derating when the surrounding temperature exceeds 40 °C.

- a) Fuses mounted outdoors with free airflow around the fuse-link. The relevant fuse-link rated MAT is based on the temperature of the air that is cooling the fuse.
- b) Fuses mounted in large enclosures with relatively free airflow around the fuse-link. The relevant fuse-link rated MAT is based on the temperature of the air inside the enclosure that is cooling the fuse.
- c) Fuse-links mounted in relatively small enclosures or canisters (see item c) of Clause F.2). It is important to note that the relevant fuse-link rated MAT is based on the temperature of the air or liquid outside the small enclosure or canister that is cooling it.

NOTE Other gasses than air may be used for cooling, for example SF₆.

- d) For fuse-links mounted in large enclosures with relatively free liquid flow around the fuse-link. The relevant fuse-link rated MAT is based on the temperature of the liquid that is cooling the fuse.

E.6 Additional breaking test requirements

E.6.1 Test practices

Breaking test practices shall be as specified in 6.3, 6.6.1 and as follows.

The following tests shall be performed in addition to those specified in 6.6, unless otherwise specified in this annex.

NOTE Testing in accordance with 6.6, with surrounding temperatures below 40 °C, is necessary because for some fuse designs, and for certain aspects of breaking performance, testing at lower temperatures can be more onerous. The elevated temperature testing is necessary because for other designs, and for other aspects of breaking performance, elevated temperature testing can be more onerous.

- a) Test Duty 1:

No additional tests are required.

NOTE TD1 tests are considered unnecessary since elevated temperature test failures are generally related to elevated component temperatures and TD2 tests (intended to approximate maximum arc energy) are apt to produce higher temperatures.

- b) Test Duty 2:

For organic Back-Up, organic General-Purpose and organic Full-Range fuses, three Test Duty 2 tests, in addition to those specified in Table 13, shall be performed with the fuses at

the maximum surrounding temperature specified by the manufacturer (MAT). The additional tests apply only to the largest current rating of a homogeneous series.

c) Test Duty 3:

Organic Back-Up fuses: For an organic Back-Up fuse, if the melting time observed during Test Duty 3 tests specified in 6.6.1.1, and performed with a surrounding temperature below 40 °C, resulted in a melting time greater than 100 s, two additional Test Duty 3 tests shall be performed with the fuse at its MAT. These additional tests apply only to the largest current rating of a homogeneous series that has a melting time in excess of 100 s.

All General-Purpose fuses: No additional testing is required (but see 9.3.2).

All Full-Range fuses: The tests specified in Table 13 are replaced with the tests specified in E.6.3.

E.6.2 Test procedure

Test procedures shall be as specified in 6.6.2, 6.6.3 and as follows.

In most cases, the elevated temperature testing covered in this annex can be performed with the test sample placed in a stable thermal environment, such as a temperature controlled oven, set to the temperature for which the fuse is rated by the manufacturer (MAT). Once the fuse body has reached a stable temperature, any circulating air fans used shall be switched off for the remainder of the test. If a fuse only intended for use in oil-filled enclosures is being tested, for convenience, in air (see 6.6.1.5.2), a circulating fan need not be switched off during the test.

Generally, when testing is performed according to Annex E, a fuse-link will not be mounted in actual equipment with which it will be used in service (for example, when an oven is used to create the MAT). In this case, while the fuse-link should be mounted in a manner that simulates service conditions as closely as possible, it is recognised that all aspects of its mounting (for example grounding of components) may not fully comply with all the requirements of 6.3 and 6.6. However, this is considered acceptable because Annex E testing is performed in addition to the tests covered in 6.6.

If a fuse-link, required to be tested according to this annex, is intended for use in a small enclosure or canister (see item c) of Clause E.5), it shall be tested in an appropriate small enclosure (forming a fuse enclosure package, FEP) to simulate service conditions. If the MAT assigned to the fuse-link/FEP is above 40 °C, then the fuse and enclosure combination shall be mounted in an oven or larger enclosure in order to permit the surrounding medium that cools the FEP (e.g. air or oil) to have a temperature equal to or greater than the assigned MAT. Auxiliary heating, as detailed above may be used. In general, an individual FEP need not be tested if the fuse-link it uses has been tested under equivalent, or more severe, conditions.

E.6.3 Full-Range fuse: Test Duty 3 tests

For Full-Range fuses intended for use at surrounding temperatures above 40 °C, Test Duty 3 tests shall be performed in a heated enclosure designed to simulate this application, as detailed in E.6.2.

The test current I_3 is chosen to represent the lowest current which could cause the fuse-link to melt when it is applied at the maximum surrounding temperature specified by the manufacturer (MAT). Details of the test arrangement and method of determining the I_3 current are given in E.7.

A two-part breaking test is then carried out as in item c) or d) of 6.6.3.1. The high-voltage current I_3 is determined from the thermal testing described in Clause E.7. The low-voltage source may be set to a higher value than I_3 throughout the melting period in order to avoid an unnecessarily long testing time, provided that the resulting pre-arcing time is not less than 1 h.

After 1 h, the low-voltage current may be increased by up to 15 % above its original value in order to induce melting.

E.7 Full-Range fuse: determination of I_3 current

This procedure may be performed by the manufacturer.

Three samples shall be used for the determination of the I_3 value. Each sample is placed in a stable thermal environment as detailed in E.6.2, set to the temperature (MAT) for which the fuse is rated by the manufacturer.

Once the fuse-link body has reached a stable temperature, current is then applied to the fuse. When the fuse-link body temperature has again stabilised, the value of the current is again increased. This process is repeated until the fuse operates. Temperature is defined as being stable when the increase of the temperature rise does not exceed 2 % or 1 K/h.

The increments by which the current is increased are not specified but could typically be in the range of 5 % to 10 %.

The highest current that each of the three fuses carried without melting is then considered. I_3 is defined as 0,9 times the lowest current of these three values. The 0,9 is used to allow for manufacturing tolerances, so that the I_3 test is then performed with a current slightly less than the lowest current which could melt a fuse-link when it operates surrounded by the maximum temperature for which it is rated by the manufacturer.

Annex F (informative)

Determination of derating when the ambient temperature of the fuse exceeds 40 °C

F.1 Object

The object of this annex is to provide guidance on the determination of thermal derating of a fuse when the temperature around the fuse exceeds 40 °C. This may be caused by higher ambient temperature in a non-enclosed situation or by use in an enclosure. Hence methods are given for the following cases:

- a) derating for use in ambient air temperature above 40 °C;
- b) derating for use in relatively large enclosures;
- c) derating for use in relatively small enclosures;
- d) derating for use in enclosures with oil surrounding the fuse-links.

In addition, method e) may be used as an alternative to methods a), b), c) and d).

NOTE Other methods of derating are used in certain countries; see the Bibliography.

F.2 General

This standard gives guidance, see 9.3.2, on the selection of rated current of fuse-links and advises that the use of an enclosure may require a new maximum permissible continuous current I_{encl} to be established for the particular combination of fuse-link and enclosure. It further advises that the suitability for a specific application of the fuse-link in an enclosure is the responsibility of the supplier of the fuse enclosure package (FEP).

NOTE FEP means the combination of the fuse in its enclosure.

The results of the power-dissipation tests (see 6.5), along with a method for determining enclosure temperature, will enable the FEP manufacturer to assess the maximum permissible continuous current which may be carried by any FEP, prior to confirmation by tests.

Many HV fuse-links are used for transformer circuit application, for which IEC 60787 gives guidance for the selection of fuse-links. As stated in item a) of Clause 3 of IEC 60787, these fuse-links should have relatively high operating currents in the 0,1 s region of the time-current characteristics. To meet this requirement, the fuse-link rated current is generally in excess of circuit full-load current and, therefore, derating as determined using this annex will usually already be met.

The need for derating the fuse-link arises for one or other of the following reasons.

- To limit the internal hot-spot temperature to a value which will not cause deterioration. This value is dependent upon the specific fuse-link design.
- To ensure that contact temperatures do not exceed maximum values as given in [Table 6](#) of this standard.

It is often the first of these requirements which determines the fuse-link rating. However, as cooling becomes more restrictive and current derating increases, the temperature drop from the fuse element to the exterior of the fuse barrel decreases. This leads to a shift from having the maximum load current determined by the hot-spot temperature of the elements to having it determined by the contact temperature.

a) Derating for use in ambient air temperatures above 40 °C

On the assumption that the fuse-link rated current no longer applies when the ambient temperature surrounding the fuse-link exceeds 40 °C, Figure F.1 provides the percentage derating required as a function of ambient temperature. The various curves correspond to the values of maximum temperature of contacts and terminals as specified in Table 6.

It is stressed that the derating is based upon the maximum temperature limits of Table 6 and not actual temperatures achieved when conducting temperature rise tests according to 6.5 of this standard. This takes due account of fuse-links which are rated in such a way that their maximum temperature rise is below the maximum values allowable in Table 6. It is particularly applicable to minor ratings but can equally apply to major ratings. This derating allows for other factors within the fuse-link, particularly hot-spot temperature, and will generally lead to derating factors which err on the side of safety. The values obtained from Figure F.1 are intended to be used where more precise information is not available from the fuse-link manufacturer. Where such information is available, less onerous derating factors may be applicable.

b) Derating for use in relatively large enclosures

Within this category are typically three-phase box-type enclosures with significant heat dissipation from the fuse-links by convection. Although not necessarily constructed from metal, the clearances to the sides (and partitions, if any) of the box will be consistent with clearances required for electrical purposes appropriate to the medium immediately surrounding the fuse-links for non-shrouded metal-type enclosures.

For such enclosures, Figure F.1 may be used to assist in determining the I_{encl} value for the fuse-links when used in a given enclosure. If the temperature of the medium surrounding the fuses is known, then Figure F.1 is used to verify whether the I_{encl} is correct. However, the difficulty to be overcome is that the heat produced by the fuse-link has a direct effect on the temperature within the enclosure.

IEC 60890 gives a method for calculation of the temperature rise of air inside enclosures, and the same principles may be applied to enclosures containing HV fuse-links.

Consider the example shown in Figure F.2, and assume 100 A fuse-links with power dissipation of 85 W at rated current.

NOTE Actual power dissipation values are obtained from the fuse-link manufacturer in accordance with 6.5.3.

Complete the table shown in Figure F.3 (a full explanation of the procedure is given in IEC 60890).

The completed table is shown in Figure F.4, and an I_{encl} value of 80 A has been assumed. The first section results in a value for effective cooling surface A_e . Constants K , d , x and c are obtained from IEC 60890. The effective power dissipation P requires some explanation.

It is necessary to assume an I_{encl} value and obtain the appropriate power dissipation. For the initial assessment in this example, an I_{encl} value of 80 A has been assumed giving a power dissipation of $(80/100)^2 \times 85 = 54,4$ W. The resultant temperature rise of the enclosure at the upper end is determined to be 37,5 K.

If Figure F.1 is now examined for a derating factor on bolted contacts (105 °C) and at an ambient temperature of 40 °C + 37,5 °C = 77,5 °C, the derating factor is seen to be 65 %. Hence, since the selected rated current of 100 A exceeds the rated current $\times$ derating factor (i.e. 100 A $\times$ 0,65 = 65 A), an I_{encl} value of 80 A is seen to be excessive.

The exercise must now be repeated, using a lower current. Hence consider 70 A, where power dissipation $(70 \times 100)^2 \times 85 = 41,6$ W. This in turn leads to a temperature rise of the enclosure at the upper end of 30,3 K. Now, if we examine Figure F.1 for an ambient temperature of 40 °C + 30,3 °C = 70,3 °C, the derating factor is seen to be 73 %. Hence the permissible rating of $0,73 \times 100$ A = 73 A now exceeds the proposed I_{encl} value of 70 A and thus the latter is assessed as acceptable.

This example shows how the information available in Figure F.1 and in IEC 60890 can be used to assess an acceptable I_{encl} value for an FEP. Where there are other items of equipment or connections within the enclosure that produce appreciable power dissipation, then these values should be added to the power dissipation of the fuse-links.

c) Derating for use in relatively small enclosures or canisters

The main characteristics of a canister, seen in the context of the derating of fuse-links are as follows.

- The canister is typically a single-phase enclosure.
- The distance between the outer surface of the fuse-link and the inner wall of the canister is small, typically 10 % to 25 % of the fuse-link diameter.
- Due to the narrow space, cooling by convection is of little significance, whereas radiation and conduction may dominate. The fuse-link and canister form an integrated assembly, and derating may often be based on the maximum power dissipation the assembly can withstand.
- Depending upon canister construction and materials used, the temperature of the interior of the canister may, in some cases, be the determining factor for the derating.

Because of the close interaction of the canister and fuse-link, the derating of this combination can normally only be determined by measurement.

d) Derating for use in enclosures with oil surrounding the fuse-links

The rated currents of fuse-links intended for use under oil are determined by tests under relatively restricted conditions, designed to simulate service conditions (see 6.5.1.2). Hence derating, if any, within an enclosure is usually minimal. However, due account should be taken of external ambient temperatures above 40 °C.

Summary

Methods a) to d) provide a means of assessment and are not a substitute for actual tests expected to be carried out by the FEP manufacturer. When tests are conducted by the FEP manufacturer, then the results of those tests override any assessment made by use of this annex.

e) Alternative method for establishing derating

Where it is possible for the FEP manufacturer or end-user to make tests on the equipment complete with relevant fuses, the following method may be adopted for establishing the I_{encl} value for the FEP.

- 1) Obtain from the fuse manufacturer the value of watts dissipation (W_r) at rated current (I_r) of the fuse under the normal test conditions prescribed in this standard (see 6.5.3).
From this value, calculate the maximum permissible hot resistance of the fuse-link (W_r / I_r^2).
- 2) Install a set of three fuses as in service. Apply a gradually increasing value of test current until
 - the hot resistance (as given by dividing the voltage drop across each fuse-link by the current) reaches the value calculated in 1) above, or
 - the temperature rise on the fuse contacts and terminals reaches the permissible limits specified in 4.7.
- 3) The I_{encl} value for the fuse-link will be the lower of the following:
 - that value which results in the maximum permissible hot resistance;
 - that value which results in the appropriate maximum temperature specified in [Table 6](#).

It should also be noted that this annex is concerned with continuous full-load current requirements of associated and/or protected equipment such as transformers or motors. Use under cyclic overload conditions should be subject to agreement between manufacturer and user.

Table F.1 – Temperature limits extracted from Table 6

Temperature limits			
Maximum temperature °C	Medium	Type	Finish
75	air	Spring contact	Bare
80	oil	Spring contact	Bare
		Bolted contact	Bare
90	air	Bolted contact	Bare
		Bolted terminal	Bare
	oil	Spring contact	Silver, tin or nickel
95	air	Spring contact	Tin
100	oil	Bolted contact	Silver, tin or nickel
105	air	Spring contact	Silver or nickel
		Bolted contact	Tin
		Bolted terminal	Silver, tin or nickel
115	air	Bolted contact	Silver or nickel

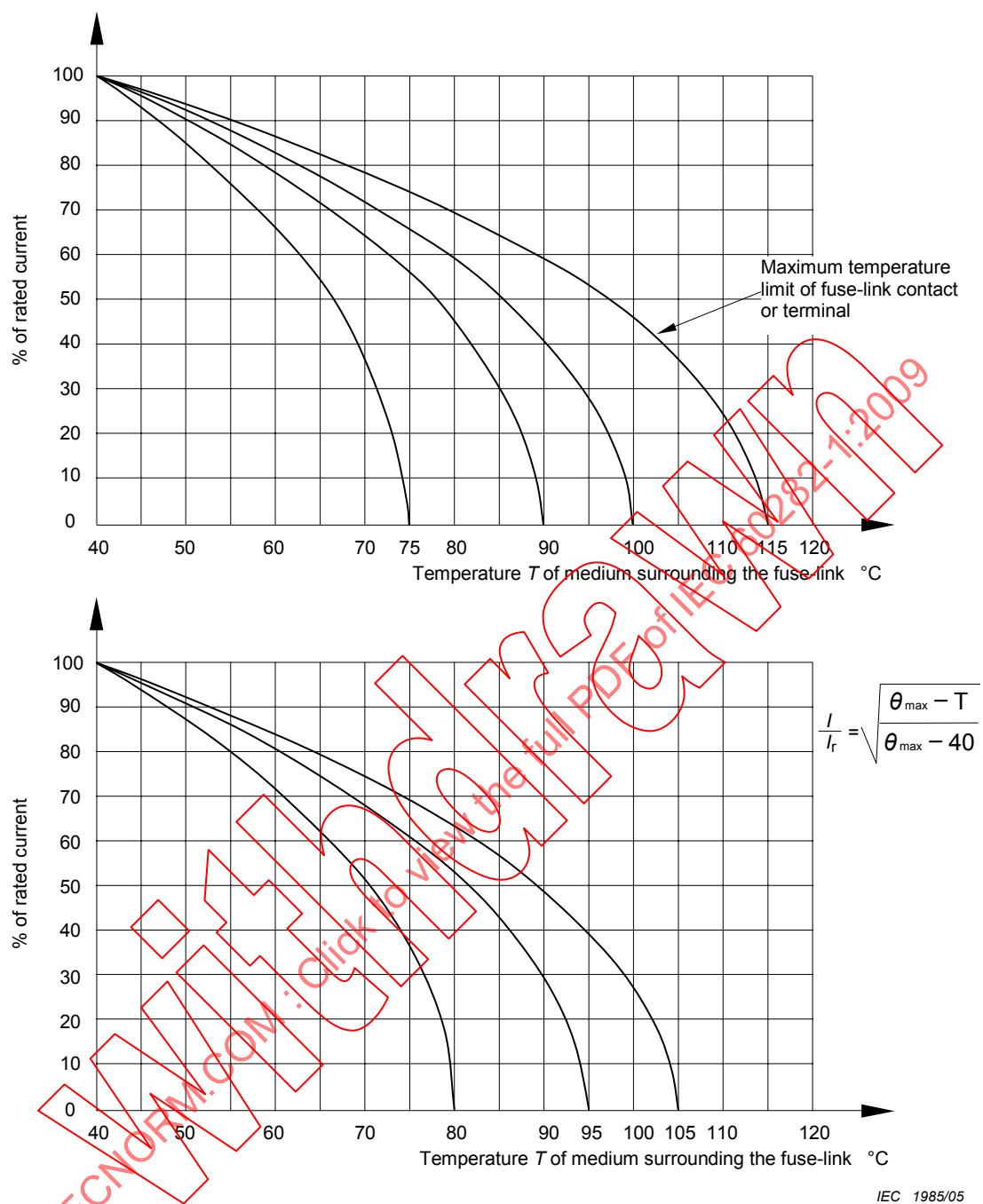
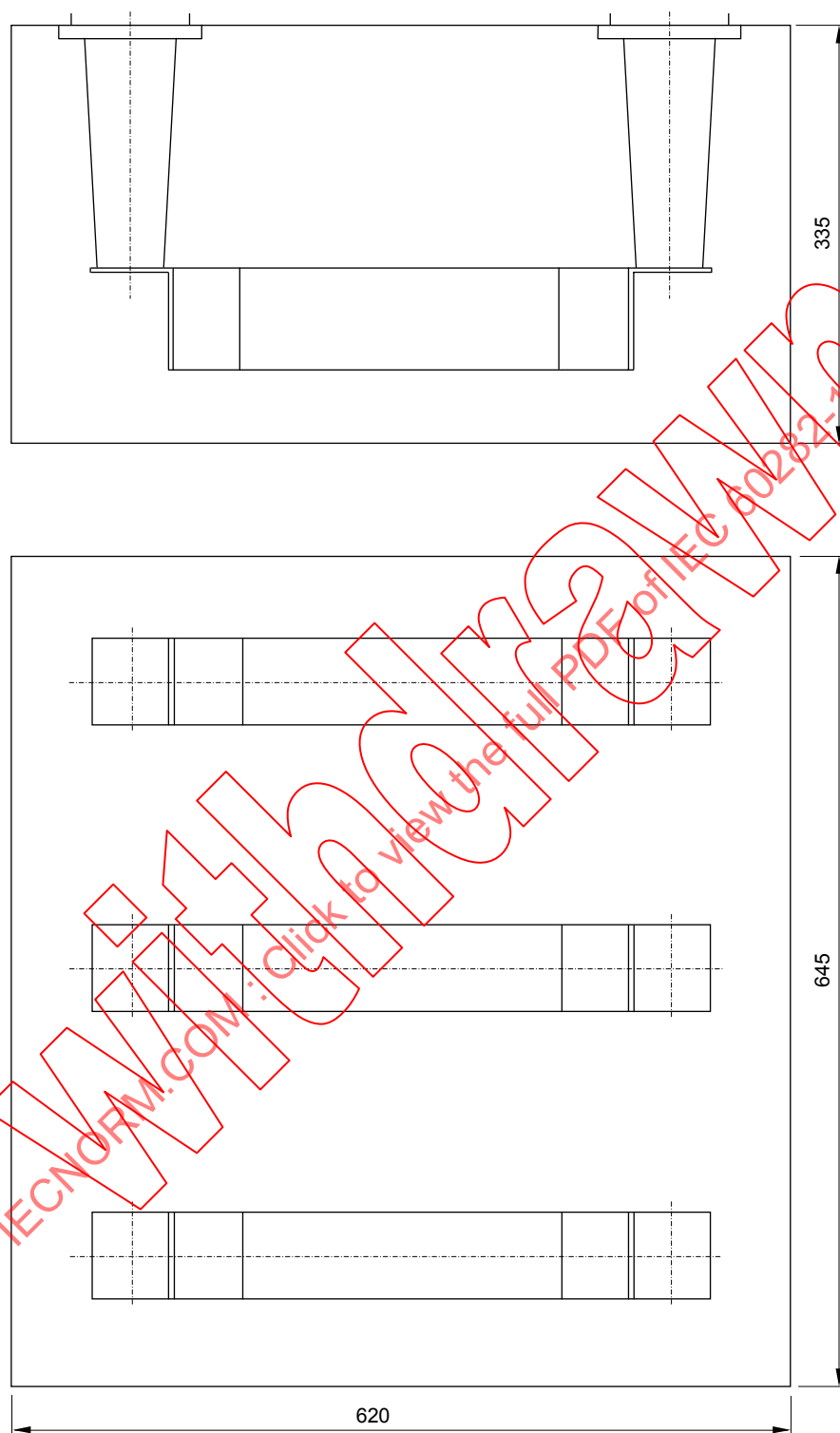
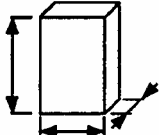


Figure F.1 – Derating curves for some allowed temperature limits

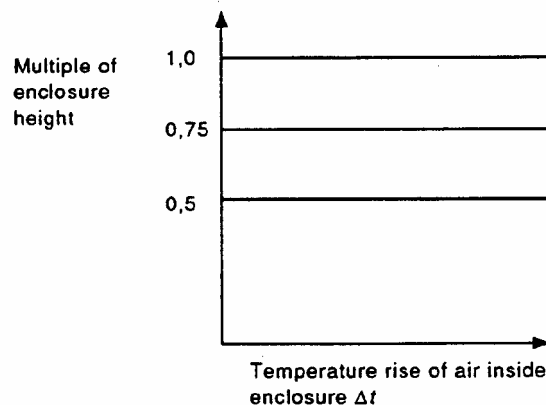
Dimensions in millimetres

IEC 1986/05

Figure F.2 – Practical example: dimensions

Calculation of temperature rise of air inside enclosures					
Customer/plant					
Type of enclosure					
Relevant dimensions for temperature rise	height	mm	Type of installation:		
	width	mm	Ventilation openings: yes/no		
	depth	mm	Number of horizontal partitions:		
Effective cooling surface		Dimensions	A_o	Surface factor b according to table III	$A_o \times b$ (column 3) $\times$ (column 4)
		m $\times$ m	m ²		m ²
		2	3		4
	Top				
	Front				
	Rear				
	Left-hand side				
	Right-hand side				
$A_e = \Sigma (A_o \times b) = \text{Total}$					
With an effective cooling surface A_e					
Exceeding 1,25 m ²			Not exceeding 1,25 m ²		
$f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ (see 5.2.3)			$g = \frac{h}{w}$ (see 5.2.3)		
_____			_____		
Air inlet openings		cm ²			
Enclosure constant k					
Factor for horizontal partitions d					
Effective power loss P		W			
$P^x = P^{***}$					
$\Delta t_{0,5} = k \cdot d \cdot P^x$		K			
Temperature distribution factor c					
$\Delta t_{1,0} = c \cdot \Delta t_{0,5}$		K			

Characteristic curve:



Extract from IEC 60890

IEC 1185/01

Figure F.3 – Extract from IEC 60890

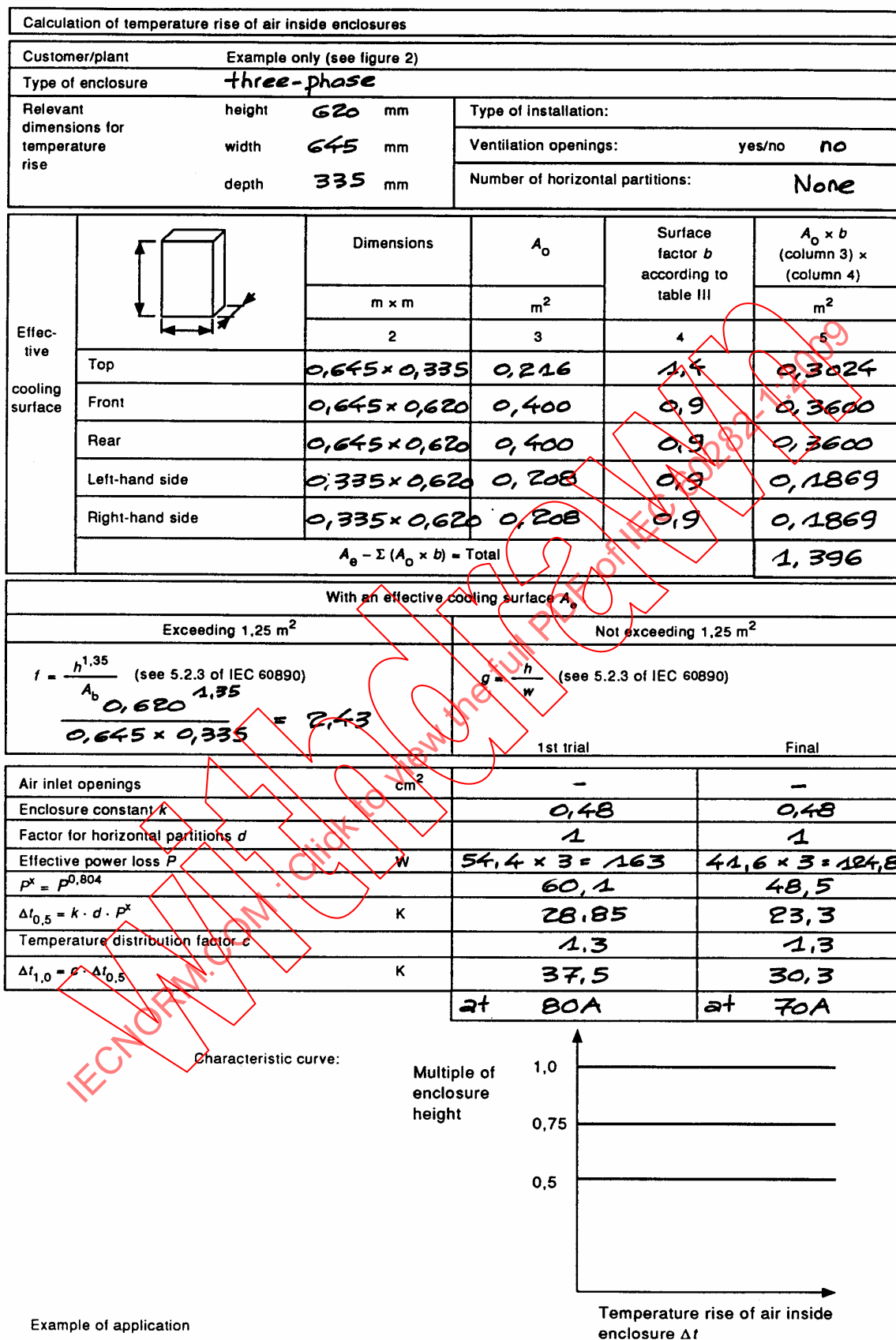


Figure F.4 – Practical example of application

Annex G (informative)

Criteria for determining I_t testing validity

G.1 General

Fuses that require an I_t test are those in which, at different current levels, different series parts of the element perform most of the current interrupting duty. When the high current tests (TD1 and TD2) and low current tests (TD3) do not cover the transitional region between currents interrupted by the different parts of the element, the I_t testing is intended to demonstrate that there are no currents that cannot be interrupted, either by the different sections individually or in combination. Because of the wide variety of fuse designs, there are no simple rules for determining the validity of such testing, so it is the intent of this annex to give general guidance to those attempting to verify that the I_t testing that has been performed does indeed show what is intended.

G.2 Breaking processes

Possibly the simplest illustration of the I_t phenomenon would be with a fuse-link having a single element consisting of a current-limiting section (strip with restrictions) in series with an expulsion section (element in a sleeve). At high currents, only the strip melts and arcs (with all restrictions melting virtually simultaneously) while at low currents, only the expulsion section melts and arcs. With such a design, the melting time-current characteristics (TCC) of the two series sections will cross at some intermediate current where both the low current section and at least one restriction of the high current section will melt and arc. Such a cross-over current can usually be determined relatively easily, and is well defined if the TCC curves cross each other with a relatively large angle. The crossing current is the I_t current of the fuse. Tests at two current levels, a little above and below this I_t current, will therefore demonstrate that the fuse-link can interrupt the highest current that the low current section must break (without help from the high current section) and the lowest current that the high current section must break (without help from the low current section).

It is then a reasonable assumption that the high current section can break all currents higher than I_t , and the low current section can break all currents lower than I_t . Conformance with the standard can be verified if each test current produces arcing only in the relevant section. This can be determined by techniques such as physical examination (that is opening the fuse-link), X-ray examination, or the equivalent.

The above simple illustration shows the basic principle to be followed for all fuses. However, many fuse designs do not conform to this simple process. The melting TCC of the series sections may cross at such a shallow angle that there is not one distinct I_t value but instead a cross-over zone that is larger than $\pm 20\%$ of any one current value. For other designs, the melting TCC may not actually cross at all, so it is possible for one section to melt for all currents, even when it is another section that is performing most of the interrupting function. With some designs that have many elements in parallel, the current value at which the high current sections begin to melt and participate in the breaking process may be substantially below the apparent "cross-over" value that corresponds to the intersection of the TCC curves for the different sections. This is caused by the phenomenon whereby, at some currents, parallel elements do not arc simultaneously but sequentially. In all of these cases, only the fuse manufacturer is in a position to specify the values of test current that will demonstrate compliance with the standard, and, often, only the manufacturer is in a position to determine whether a particular test has demonstrated the desired result. This is because simply demonstrating current interruption is not a sufficient criterion to show that the cross-over zone has been adequately explored. For this reason, 6.6.1.3 permits the manufacturer to specify other test currents than $1,2 I_t$ and $0,8 I_t$, if these values are not appropriate.

Bibliography

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC/TR 60890:1987, *A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	88
1 Généralités	90
1.1 Domaine d'application	90
1.2 Références normatives	90
2 Conditions normales et spéciales de service	91
2.1 Conditions normales de service	91
2.2 Autres conditions de service	92
2.3 Conditions spéciales de service	92
2.4 Comportement dans l'environnement	92
3 Termes et définitions	92
3.1 Caractéristiques électriques	93
3.2 Fusibles et leurs éléments constitutifs	96
3.3 Termes complémentaires	98
4 Valeurs assignées et caractéristiques	99
4.1 Généralités	99
4.2 Tension assignée	100
4.3 Niveau d'isolement assigné (d'un socle)	100
4.4 Fréquence assignée	101
4.5 Courant assigné du socle	102
4.6 Courant assigné de l'élément de remplacement	102
4.7 Limites d'échauffement	102
4.8 Pouvoir de coupure assigné	103
4.8.1 Courant maximal de coupure assigné	103
4.8.2 Courant minimal de coupure assigné et classe	104
4.9 Surtensions de fonctionnement	104
4.10 Tension transitoire de rétablissement assignée (TTR assignée)	106
4.10.1 Généralités	106
4.10.2 Représentation de la TTR	108
4.10.3 Représentation des TTR assignées	108
4.11 Caractéristiques temps-courant	109
4.12 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé limité	109
4.13 Caractéristiques I^2t	110
4.14 Caractéristiques mécaniques des percuteurs	110
4.15 Exigences spéciales pour les fusibles Associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles selon la CEI 62271-105	111
4.15.1 Généralités	111
4.15.2 Température maximale du corps du fusible dans les conditions de préarc	111
4.15.3 Temps d'arc maximal admissible	111
5 Conception, construction et performances	112
5.1 Exigences générales concernant le fonctionnement des fusibles	112
5.1.1 Généralités	112
5.1.2 Conditions normales d'utilisation	112
5.1.3 Conditions normales de comportement	112
5.2 Indications à porter sur les plaques signalétiques	113
5.3 Dimensions	113
6 Essais de type	114

6.1	Conditions d'exécution des essais.....	114
6.2	Liste des essais de type.....	114
6.3	Règles d'essais communes à tous les essais de type.....	114
6.3.1	Généralités.....	114
6.3.2	Etat de l'appareil à l'essai.....	115
6.3.3	Montage des fusibles.....	115
6.4	Essais diélectriques.....	115
6.4.1	Règles d'essais.....	115
6.4.2	Points d'application de la tension d'essai pour les essais aux ondes de choc et à fréquence industrielle.....	115
6.4.3	Conditions atmosphériques pendant l'essai.....	116
6.4.4	Essais à sec aux chocs de foudre.....	116
6.4.5	Essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle.....	116
6.4.6	Essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle.....	117
6.5	Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée.....	117
6.5.1	Règles d'essais.....	117
6.5.2	Mesurage de la température.....	118
6.5.3	Mesurage de la puissance dissipée.....	119
6.6	Essais de coupure.....	120
6.6.1	Règles d'essais.....	120
6.6.2	Modalités d'essai.....	127
6.6.3	Variante de la méthode d'essais pour la suite d'essais 3.....	132
6.6.4	Essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène.....	133
6.6.5	Qualification par interpolation d'une série homogène d'éléments de remplacement.....	134
6.6.6	Acceptation d'une série homogène d'éléments de remplacement de longueurs différentes.....	135
6.7	Essais de vérification de la caractéristique temps-courant.....	135
6.7.1	Règles d'essais.....	135
6.7.2	Méthode d'essai.....	136
6.8	Essais des percuteurs.....	136
6.8.1	Généralités.....	136
6.8.2	Percuteurs à essayer.....	137
6.8.3	Essais de fonctionnement.....	137
6.8.4	Résultats à obtenir au cours des essais.....	137
6.9	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	138
7	Essais spéciaux.....	138
7.1	Généralités.....	138
7.2	Liste des essais spéciaux.....	139
7.3	Essais de chocs thermiques.....	139
7.3.1	Echantillons d'essais.....	139
7.3.2	Mise en place de l'équipement.....	139
7.3.3	Méthode d'essai.....	139
7.4	Essais de puissance dissipée pour les fusibles dont l'utilisation sous enveloppes n'est pas prévue.....	139
7.5	Essai d'étanchéité (pénétration d'humidité).....	140
7.5.1	Conditions d'essai.....	140
7.5.2	Echantillon d'essai.....	140
7.5.3	Méthode d'essai.....	140

7.6	Essai pour les fusibles Associés destinés aux combinés interrupteurs-fusibles selon la CEI 62271-105.....	140
7.6.1	Généralités.....	140
7.6.2	Essai d'échauffement en condition de préarc.....	140
7.6.3	Temps d'arc admissible	140
7.7	Essais d'étanchéité à l'huile	141
8	Essais individuels de série.....	141
9	Guide d'application	141
9.1	Objet.....	141
9.2	Généralités.....	142
9.3	Utilisation	142
9.3.1	Montage	142
9.3.2	Choix du courant assigné de l'élément de remplacement.....	142
9.3.3	Choix selon la classe (voir 3.3.2) et le courant minimal de coupure	144
9.3.4	Choix de la tension assignée de l'élément de remplacement.....	145
9.3.5	Choix du niveau d'isolement assigné.....	145
9.3.6	Caractéristiques temps-courant des fusibles à haute tension.....	146
9.3.7	Fusibles connectés en parallèle	147
9.4	Fonctionnement.....	147
9.4.1	Immobilisation du fusible dans la position de service.....	147
9.4.2	Remplacement des éléments de remplacement.....	147
9.5	Mise au rebut.....	147
	Annexe A (normative) Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs	148
	Annexe B (informative) Justification du choix des caractéristiques de TTR pour les suites d'essais 1, 2 et 3.....	150
	Annexe C (informative) Dispositif recommandé pour les essais d'échauffement des éléments de remplacement d'appareillage immergés dans l'huile.....	153
	Annexe D (informative) Types et dimensions des éléments de remplacement limiteurs de courant spécifiés dans les normes nationales existantes.....	155
	Annexe E (normative) Exigences relatives à certains types d'éléments fusibles conçus pour être utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C	158
	Annexe F (informative) Détermination du déclassement lorsque la température environnant le fusible est supérieure à 40 °C.....	162
	Annexe G (informative) Critères pour déterminer la validité des essais I_t	170
	Bibliographie.....	172
	Figure 1 – Terminologie	97
	Figure 2 – Surtensions de fonctionnement admissibles pour les éléments de remplacement de faibles courants assignés (Tableau 8).....	106
	Figure 3 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard	108
	Figure 4 – Différentes étapes de la course du percuteur	110
	Figure 5 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type	124
	Figure 6 – Essais de coupure – Disposition de l'appareil.....	127
	Figure 7 – Essais de coupure – Schéma type pour les suites d'essais 1 et 2.....	128
	Figure 8 – Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3	128

Figure 9 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1	130
Figure 10 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 2 (traces d'étalonnage comme indiquées en a) de la Figure 9)	131
Figure 11 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3 ...	131
Figure A.1 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR dont la partie initiale présente une concavité vers la gauche	149
Figure A.2 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR exponentielle.....	149
Figure C.1 – Cuve d'essai pour essais d'échauffement des fusibles immergés dans l'huile	153
Figure C.2 – Détail de la fixation de l'élément de remplacement de la cuve.....	154
Figure F.1 – Courbe de déclassement pour certaines limites de température autorisées	166
Figure F.2 – Exemple pratique: dimensions	167
Figure F.3 – Extrait de la CEI 60890	168
Figure F.4 – Exemple pratique d'application	169
 Tableau 1 – Facteurs de correction selon l'altitude – Tension d'essais et tension assignée	91
Tableau 2 – Facteurs de correction selon l'altitude – Courant assigné et échauffement.....	91
Tableau 3 – Tensions assignées	100
Tableau 4 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série I.....	101
Tableau 5 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série II.....	101
Tableau 6 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux	103
Tableau 7 – Surtensions maximales de fonctionnement admissibles	104
Tableau 8 – Valeurs maximales admissibles de la surtension de fonctionnement pour certains éléments de remplacement de petits courants assignés	105
Tableau 9 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série I	107
Tableau 10 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série II	107
Tableau 11 – Caractéristiques mécaniques des percuteurs.....	111
Tableau 12 – Branchement électrique au circuit d'essai – Dimensions des conducteurs	118
Tableau 13 – Essais de coupure – Paramètres	122
Tableau 14 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série I	125
Tableau 15 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série II	125
Tableau 16 – Exigences d'essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène	134
Tableau F.1 – Limites de température extraites du Tableau 6	165

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

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 (RAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 60282-1 a été établie par le sous-comité 32A: Coupe-circuit à fusibles à haute tension, du comité d'études 32 de la CEI: Coupe-circuit à fusibles.

Cette septième édition annule et remplace la sixième édition parue en 2005. Les modifications introduites par cette nouvelle édition sont uniquement éditoriales.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
32A/274/FDIS	32A/277/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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60282-1:2009

Withdrawn

FUSIBLES À HAUTE TENSION –

Partie 1: Fusibles limiteurs de courant

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60282 s'applique à tous les types de fusibles à haute tension limiteurs de courant 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.

Certains fusibles sont équipés d'éléments de remplacement pourvus d'un dispositif indicateur ou d'un percuteur. Ces fusibles rentrent dans le domaine d'application de la présente norme, mais le fonctionnement correct du percuteur lié au dispositif d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion est en dehors du domaine d'application de cette norme; voir la CEI 62271-105.

1.2 Références normatives

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

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 60085:2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60265-1:1998, *Interrupteurs à haute tension – Partie 1: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures à 52 kV*

CEI 60549:1976, *Coupe-circuit à fusibles haute tension destinés à la protection externe des condensateurs de puissance en dérivation*

CEI 60644:1979, *Spécification relative aux éléments de remplacement à haute tension destinés à des circuits comprenant des moteurs*

CEI/TR 60787:2007, *Guide d'application pour le choix des éléments de remplacement limiteurs de courant à haute tension destinés à être utilisés dans des circuits comprenant des transformateurs*

CEI 62271-105:2002, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif*

ISO 148-2, *Matériaux métalliques – Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy – Partie 2: Vérification des machines d'essai (mouton-pendule)*

ISO 179 (toutes les parties), *Plastiques – Détermination des caractéristiques au choc Charpy*

2 Conditions normales et spéciales de service

2.1 Conditions normales de service

Les fusibles conformes 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.

La température minimale de l'air ambiant est de –25 °C.

NOTE 1 Les caractéristiques temps-courant des fusibles seront modifiées aux températures minimale et maximale.

- b) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m.

NOTE 2 Les tensions assignées et les niveaux d'isolement spécifiés dans cette norme s'appliquent aux fusibles prévus pour utilisation à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m. Lorsque des fusibles comprenant une isolation externe sont utilisés à des altitudes supérieures à 1 000 m, il convient d'adopter l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

- a) Il convient que les tensions d'essai des parties isolantes dans l'air soient déterminées en multipliant les tensions d'essai normales données dans les Tableaux 4 et 5 par le facteur de correction approprié indiqué dans la colonne (2) du Tableau 1.
- b) Les fusibles peuvent être choisis d'une tension assignée qui, multipliée par le facteur de correction approprié donné dans la colonne (3) du Tableau 1, ne soit pas inférieure à la tension la plus élevée du réseau.

Pour les altitudes comprises entre 1 000 m et 1 500 m et entre 1 500 m et 3 000 m, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire entre les valeurs indiquées dans le [Tableau 1](#).

**Tableau 1 – Facteurs de correction selon l'altitude –
Tension d'essais et tension assignée**

Altitude maximale m (1)	Facteur de correction des tensions d'essai au niveau de la mer (2)	Facteur de correction des tensions assignées (3)
1 000	1,0	1,0
1 500	1,05	0,95
3 000	1,25	0,80

Lorsque les caractéristiques diélectriques sont identiques, quelle que soit l'altitude, aucune précaution particulière n'est à prendre.

NOTE 3 Le courant assigné ou l'échauffement spécifié dans cette norme 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). Dans chaque cas, un seul des facteurs donnés dans les colonnes (2) et (3) sera utilisé, mais non les deux.

Pour les altitudes comprises entre 1 000 m et 1 500 m et entre 1 500 m et 3 000 m, les facteurs de correction peuvent être obtenus par interpolation linéaire entre les valeurs indiquées dans le [Tableau 2](#).

Tableau 2 – Facteurs de correction selon l'altitude – Courant assigné et échauffement

Altitude maximale m (1)	Facteur de correction pour le courant assigné (2)	Facteur de correction pour l'échauffement (3)
1 000	1,0	1,0
1 500	0,99	0,98
3 000	0,96	0,92

- c) L'air ambiant ne contient pas de façon excessive (ou anormale) de poussière, de fumées, de gaz corrosifs ou inflammables, de vapeurs ou de sel.
- d) Pour les installations à l'intérieur, les conditions d'humidité sont à l'étude mais, en attendant, les chiffres suivants peuvent être utilisés comme lignes directrices:
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur, sur une période de 24 h, n'excède pas 22 hPa;
 - la valeur moyenne de l'humidité relative, sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
 - la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période d'un mois, n'excède pas 18 hPa.

Dans ces conditions, des condensations peuvent occasionnellement se produire.

NOTE 4 La condensation est à prévoir dans les lieux où de brusques variations de température risquent de se produire en période de grande humidité.

NOTE 5 Pour supporter les effets d'une humidité élevée et d'une condensation occasionnelle, tels que le claquage de l'isolation ou la corrosion des parties métalliques, on peut utiliser des fusibles pour l'intérieur, prévus pour de telles conditions et essayés en conséquence, ou des fusibles pour l'extérieur.

NOTE 6 La condensation peut être évitée par une conception spéciale du bâtiment ou de l'enveloppe, par une ventilation et un chauffage appropriés du poste ou par l'utilisation d'humidificateurs.

- e) Les vibrations dues à des causes externes aux fusibles ou à des tremblements de terre sont négligeables.

En outre, pour les installations à l'extérieur,

- f) il y a lieu de tenir compte de la présence de condensation ou de pluie et des changements rapides de température;
- g) la pression du vent n'excède pas 700 Pa (correspondant à une vitesse de vent de 34 m/s);
- h) la radiation solaire ne dépasse pas 1,1 kW/m².

2.2 Autres conditions de service

Les fusibles conçus pour être utilisés avec une température environnante (voir 3.3.11) supérieure à 40 °C sont couverts par cette norme dans l'Annexe E.

2.3 Conditions spéciales de service

Par accord entre le constructeur et l'utilisateur, les fusibles peuvent être utilisés dans des conditions différant des conditions normales de service indiquées en 2.1. Pour toute condition spéciale de service, il y a lieu de consulter le constructeur.

2.4 Comportement dans l'environnement

Les fusibles conformes à la présente norme sont des dispositifs inertes en service normal. Il est aussi spécifié en 5.1.3 qu'aucune émission externe significative ne doit se produire. Ce sont donc des dispositifs non polluants en service et en fonctionnement.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Caractéristiques électriques

3.1.1

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

NOTE Exemples de valeurs assignées généralement indiquées pour des fusibles: tension, courant et pouvoir de coupure.

[VEI 441-18-35 modifié]

3.1.2

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

[VEI 441-18-36]

3.1.3

courant présumé (d'un circuit et relatif à un fusible)

courant qui circulerait dans le circuit si le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable

NOTE Voir en 6.6.2.1 et 6.6.2.2 la méthode pour évaluer et pour exprimer le courant présumé.

[VEI 441-17-01, modifiée]

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.

[VEI 441-17-02]

3.1.5

courant coupé présumé

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

[VEI 441-17-06]

NOTE Pour les fusibles, cet instant est habituellement choisi comme l'instant du début d'un arc au cours d'une coupure. Les conventions relatives à l'instant du début de l'arc sont données en 6.6.2.3.

3.1.6

pouvoir de coupure

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

[VEI 441-17-08, modifiée]

3.1.7

courant coupé limité

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un fusible

NOTE Cette notion est d'importance particulière si le fusible fonctionne de telle manière que la valeur de crête du courant présumé du circuit n'est pas atteinte.

[VEI 441-17-12, modifiée]

3.1.8

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 le ou les éléments fusibles jusqu'à l'instant où un arc commence à se former

[VEI 441-18-21]

3.1.9

durée d'arc

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

[VEI 441-17-37, modifiée]

3.1.10

durée de fonctionnement

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

[VEI 441-18-22]

3.1.11

intégrale de Joule

I^2t

intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné $t_0 - t_1$

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

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

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

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

[VEI 441-18-23 modifié]

3.1.12

durée virtuelle

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

NOTE Les valeurs des durées virtuelles, généralement indiquées pour un élément de remplacement, se rapportent à la durée de préarc et la durée de fonctionnement.

[VEI 441-18-37 modifié]

3.1.13

caractéristique temps-courant

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

[VEI 441-17-13]

3.1.14

caractéristique de courant coupé limité

courbe donnant, pour des conditions déterminées de fonctionnement, le courant coupé limité en fonction du courant présumé

NOTE En courant alternatif, les valeurs du courant coupé limité sont les valeurs maximales quel que soit le degré d'asymétrie. En courant continu, ce sont les valeurs du courant coupé limité maximales atteintes compte tenu de la constante de temps spécifiée.

[VEI 441-17-14]

3.1.15

tension de rétablissement

tension qui apparaît entre les bornes 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, modifiée]

3.1.16

tension transitoire de rétablissement (abréviation 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 du fusible. Elle tient compte de la variation du potentiel du point neutre d'un circuit polyphasé.

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

[VEI 441-17-26, modifiée]

3.1.17

tension de rétablissement à fréquence industrielle

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[VEI 441-17-27]

3.1.18

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 le fusible pour lequel la tension transitoire de rétablissement présumée 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, modifiée]

3.1.19

surtension de fonctionnement – tension de coupure

valeur maximale instantanée de tension qui apparaît aux bornes d'un fusible lors de son fonctionnement

NOTE La tension de coupure peut être la tension d'arc ou peut se produire en même temps que la tension transitoire de rétablissement.

[VEI 441-18-31]

3.1.20

courant minimal de coupure

valeur minimale de courant présumé qu'un élément de remplacement peut couper sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[VEI 441-18-29]

3.1.21

puissance dissipée (dans un élément de remplacement)

puissance dissipée dans un élément de remplacement traversé par un courant de valeur donnée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

NOTE Les conditions prescrites d'emploi et de comportement comprennent généralement une valeur efficace constante de courant jusqu'à l'obtention de conditions stables de température.

[VEI 441-18-38]

3.2 Fusibles et leurs éléments constitutifs

3.2.1

fusible

coupe-circuit à fusibles

appareil dont la fonction est d'ouvrir par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments 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

partie conductrice d'un fusible prévue pour une connexion électrique avec des circuits extérieurs

NOTE On peut distinguer les bornes selon le type de circuit auquel elles appartiennent (par exemple borne principale, borne de terre, etc.) mais aussi selon leur conception (par exemple borne à vis, borne à fiche, etc.).

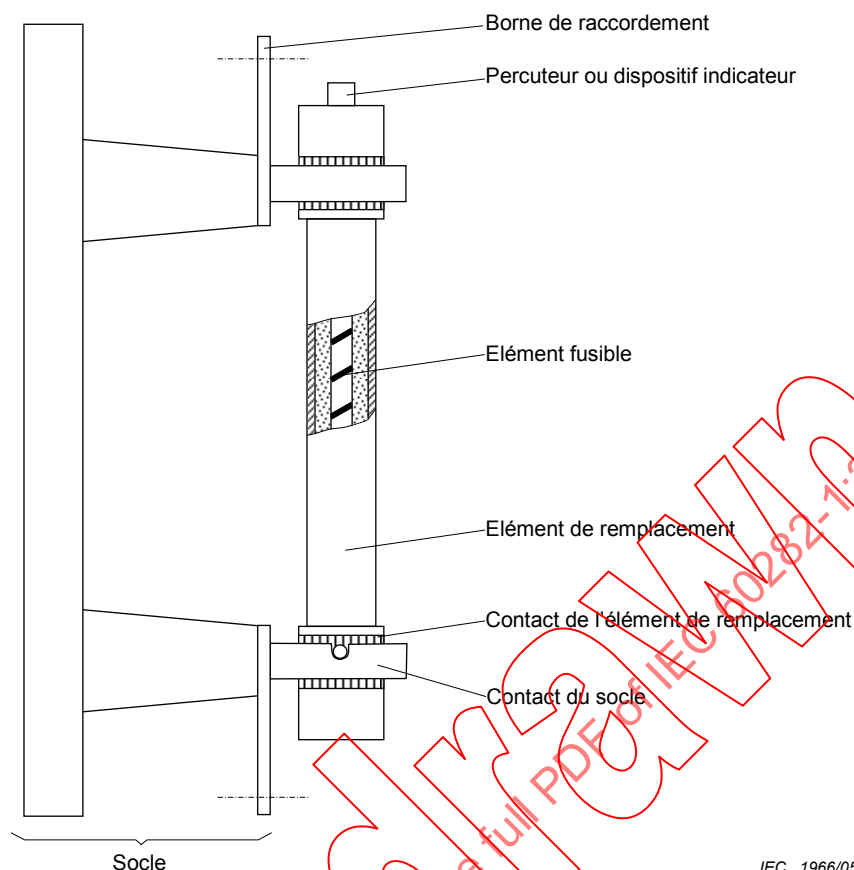
3.2.3

socle

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

NOTE Le socle comprend tous les éléments assurant l'isolement (voir [Figure 1](#)).

[VEI 441-18-02]



IEC 1966/05

Figure 1 – Terminologie**3.2.4****contact d'un socle**

pièce de contact d'un socle destinée à être mise en contact avec le contact d'un élément de remplacement ou avec celui d'un porte-élément de remplacement (voir [Figure 1](#))

[VEI 441-18-03, modifiée]

3.2.5**élément de remplacement**

partie d'un fusible comportant le (les) élément(s) fusible(s) et destinée à être remplacée après fonctionnement du fusible (voir [Figure 1](#))

[VEI 441-18-09]

3.2.6**contact d'un élément de remplacement**

pièce de contact d'un élément de remplacement destinée à être mise en contact avec le contact d'un socle (voir [Figure 1](#))

[VEI 441-18-04, modifiée]

3.2.7**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 (voir [Figure 1](#))

[VEI 441-18-08]

3.2.8

dispositif indicateur

partie d'un fusible destinée à indiquer si celui-ci a fonctionné (voir [Figure 1](#))

[VEI 441-18-17]

3.2.9

percuteur

dispositif mécanique faisant partie d'un élément de remplacement qui, lors du fonctionnement du fusible, libère l'énergie requise pour faire fonctionner d'autres appareils, des dispositifs indicateurs ou pour effectuer un verrouillage

[VEI 441-18-18]

3.3 Termes complémentaires

3.3.1

fusible limiteur de courant

fusible qui, pendant et par son fonctionnement dans une zone de courant spécifiée, limite le courant à une valeur nettement inférieure à la valeur de crête du courant présumé

[VEI 441-18-10, modifiée]

3.3.2

classes

trois classes de fusibles limiteurs de courant sont définies selon la zone dans laquelle ils peuvent être utilisés:

- fusible Associé
- fusible d'Usage Général
- fusible à Coupure Intégrale

Voir 9.3.3.

3.3.3

fusible Associé

fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans les conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants compris entre le courant maximal de coupure assigné et le courant minimal de coupure assigné

3.3.4

fusible d'Usage Général

fusible limiteur de courant capable d'interrompre, dans les conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants compris entre le courant maximal de coupure assigné et le courant provoquant la fusion de l'élément fusible en au moins 1 h

3.3.5

fusible à Coupure Intégrale

fusible limiteur de courant capable d'interrompre dans des conditions d'utilisation et de comportement spécifiées, tous les courants provoquant la fusion de son ou de ses éléments fusibles jusqu'à son courant maximal de coupure assigné (voir 6.6.1.1, suite d'essais 3)

3.3.6

distance de sectionnement (pour un socle)

plus courte distance entre les contacts du socle ou toutes parties conductrices qui leur sont raccordées, mesurée sur un fusible dont l'élément de remplacement n'est plus en place

[VEI 441-18-06, modifiée]

3.3.7

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 ou d'un nombre réduit d'éléments de remplacement déterminés de la série peut être considéré comme représentatif pour tous les éléments de remplacement de la série (voir 6.6.4.1)

[VEI 441-18-34]

3.3.8

isolation externe

distances dans l'air à pression atmosphérique et surfaces en contact avec l'atmosphère des isolations solides d'un matériel qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc.

[VEI 604-03-02 modifié]

3.3.9

isolation autorégénératrice

isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive

[VEI 604-03-04]

3.3.10

élément fusible dit «organique»

élément fusible qui contient une part importante de matière organique (par exemple à base de carbone) qui pourrait être la cause possible d'un courant de fuite excessif à la suite du fonctionnement du fusible. Si le fabricant détermine que l'emplacement et la quantité de matière organique ou autres dans la conception pourrait conduire à un courant de fuite excessif après le fonctionnement et par suite aboutir à une non-coupure, le fabricant doit désigner l'élément fusible comme "organique"

3.3.11

température environnante

température du gaz ou du liquide au plus près de l'élément fusible

4 Valeurs assignées et caractéristiques

4.1 Généralités

a) Valeurs assignées du socle

- 1) Tension assignée (4.2)
- 2) Courant assigné (4.5)
- 3) Niveau d'isolement assigné (tensions de tenue à fréquence industrielle à sec, sous l'effet de la pluie et des ondes de choc) (4.3)

b) Valeurs assignées de l'élément de remplacement

- 1) Tension assignée (4.2)
- 2) Courant assigné (4.6)
- 3) Courant maximal de coupure assigné (4.8.1)
- 4) Fréquence assignée (4.4)
- 5) Courant minimal de coupure assigné pour fusibles Associés et classe (4.8.2)
- 6) TTR assignée (4.10)

c) Caractéristiques du fusible

- 1) Limites d'échauffement (4.7)
- d) Caractéristiques de l'élément de remplacement
 - 1) Classe (3.3.2 et 4.8.2)
 - 2) Surtensions de fonctionnement (4.9)
 - 3) Caractéristiques temps-courant (4.11)
 - 4) Caractéristique d'amplitude du courant coupé limité (4.12)
 - 5) Caractéristiques I^2t (4.13)
 - 6) Caractéristiques mécaniques des percuteurs (4.14)
 - 7) Température maximale d'utilisation (voir Annexe E).

4.2 Tension assignée

C'est la tension qui sert à désigner le socle ou l'élément de remplacement et d'après laquelle sont déterminées les conditions d'essai.

NOTE Cette tension assignée est égale à la tension la plus élevée du matériel (voir Article 8).

Il convient que la tension assignée d'un fusible soit choisie parmi les tensions indiquées dans le [Tableau 3](#).

Tableau 3 – Tensions assignées

Série I kV	Série II kV
3,6	2,75
7,2	5,5
12	8,25
17,5	15
24	15,5
36	25,8
40,5	38
52	48,3
72,5	72,5

4.3 Niveau d'isolement assigné (d'un socle)

Ce sont les valeurs de tension (aussi bien à fréquence industrielle qu'aux ondes de choc) qui caractérisent l'isolement du socle en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques (voir Article 8).

Deux niveaux d'isolement sont acceptables pour un socle selon la pratique en Europe. Ils sont dénommés «Liste 1» et «Liste 2» et se rapportent à différentes sévérités d'application et aux valeurs de tension d'essai correspondantes pour les essais diélectriques (voir 9.3.5).

Il est recommandé que le niveau d'isolement assigné d'un socle soit choisi dans les [Tableaux 4](#) et [5](#).

- Le [Tableau 4](#) est basé sur la pratique en Europe et les conditions normales de référence pour la température, la pression et l'humidité sont 20 °C, 101,3 kPa et 11 g/m³ d'eau.
- Le [Tableau 5](#) est basé sur la pratique aux Etats-Unis et au Canada et les conditions normales de référence pour la température, la pression et l'humidité sont 25 °C, 101,3 kPa et 15 g/m³ d'eau.

Il doit être précisé si le fusible convient pour une utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur.

Tableau 4 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série I

Tension assignée du fusible kV	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (polarités négative et positive)				Tension de tenue assignée à fréquence industrielle durant 1 min (à sec et sous pluie)	
	Liste 1 kV (valeur de crête)		Liste 2 kV (valeur de crête)		kV (valeur efficace)	
	A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)	A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)	A la masse et entre pôles	Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)
3,6	20	23	40	46	10	12
7,2	40	46	60	70	20	23
12	60	70	75	85	28	32
17,5	75	85	95	110	38	45
24	95	110	125	145	50	60
36	145	165	170	195	70	80
40,5	180	200	190	220	80	95
52	250	290	250	290	95	110
72,5	325	375	325	375	140	160

NOTE Un niveau d'isolement pour la distance de sectionnement n'est spécifié que pour les socles pour lesquels des propriétés de sectionnement sont assignées.

Tableau 5 – Niveaux d'isolement assigné du socle – Série II

Tension assignée du fusible kV	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (polarités positive et négative) kV (valeur de crête)				Tension de tenue assignée à fréquence industrielle kV (valeur efficace)					
	A la masse et entre pôles		Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		A la masse et entre pôles			Sur la distance de sectionnement du socle (voir note)		
	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur 1 min à sec	Extérieur 1 min à sec	Extérieur 10 s sous pluie	Intérieur 1 min à sec	Extérieur 1 min à sec	Extérieur 10 s sous pluie
2,75	45	–	50	–	15	–	–	17	–	–
4,76	60	–	70	–	19	–	–	21	–	–
8,25	75	95	80	105	26	35	30	29	39	33
15	95	–	105	–	36	–	–	40	–	–
15,5	110	110	125	125	50	50	45	55	55	50
25,8	125	150	140	165	60	70	60	66	77	66
38	150	200	165	220	80	95	80	88	105	88
48,3	–	250	–	275	–	120	100	–	132	110
72,5	–	350	–	385	–	175	145	–	195	160

NOTE Un niveau d'isolement pour la distance de sectionnement n'est spécifié que pour les socles pour lesquels des propriétés de sectionnement sont assignées.

4.4 Fréquence assignée

Les valeurs normales de la fréquence assignée sont 50 Hz et 60 Hz.

4.5 Courant assigné du socle

Courant spécifié pour le socle, qu'un socle neuf et propre peut supporter d'une façon continue sans que les échauffements dépassent les valeurs spécifiées, lorsqu'il est équipé d'un élément de remplacement de même courant assigné destiné à être utilisé dans ce type de socle et raccordé au circuit au moyen de conducteurs ayant certaines dimensions et certaines longueurs spécifiées et pour une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C.

Il convient que le courant assigné du socle soit choisi parmi les valeurs suivantes:

10 A, 25 A, 63 A, 100 A, 200 A, 400 A, 630 A, 1 000 A.

4.6 Courant assigné de l'élément de remplacement

Courant spécifié pour l'élément de remplacement qu'un élément de remplacement neuf et propre peut supporter d'une façon continue sans que les échauffements dépassent les valeurs spécifiées, lorsqu'il est monté sur un socle spécifié par le constructeur, raccordé au circuit au moyen de conducteurs ayant certaines dimensions et certaines longueurs spécifiées et pour une température de l'air ambiant ne dépassant pas 40 °C (voir Article 8).

Il est recommandé que le courant assigné de l'élément de remplacement, en ampères, soit choisi parmi les valeurs de la série R10. Pour les cas spéciaux, le courant assigné de l'élément de remplacement peut être choisi parmi les valeurs supplémentaires de la série R20.

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 de 10.

La série R20 comprend les nombres 1, 1,12, 1,25, 1,40, 1,6, 1,8, 2, 2,24, 2,5, 2,8, 3,15, 3,55, 4, 4,5, 5, 5,6, 6,3, 7,1, 8, 9 et leurs multiples de 10.

4.7 Limites d'échauffement

L'élément de remplacement et le socle doivent être capables de supporter de façon continue leur courant assigné sans que les limites d'échauffement données dans le [Tableau 6](#) soient dépassées et sans détérioration.

NOTE Pour les fusibles utilisés dans des enveloppes, voir 6.5.3, 9.3.2 et l'Annexe F.

Lorsqu'un contact est établi entre des surfaces protégées de manières différentes, les températures et les échauffements admissibles doivent être considérés comme suit:

- a) pour les contacts boulonnés et les bornes, ceux de l'élément pour lequel le [Tableau 6](#) autorise les valeurs les plus élevées;
- b) pour les contacts élastiques, ceux de l'élément pour lequel le [Tableau 6](#) autorise les valeurs les plus basses.

Tableau 6 – Limites de température et d'échauffement des pièces et des matériaux

Nature du matériau ou de l'élément	Valeur maximale	
	Température °C	Echauffement K
A Contacts dans l'air:		
1 Contacts élastiques (cuivre et alliage de cuivre)		
– sans protection	75	35
– recouverts d'argent ou de nickel	105	65
– recouverts d'étain	95	55
– recouverts d'autres métaux (note de bas de page a)		
2 Contacts boulonnés ou dispositifs équivalents (cuivre, alliage de cuivre et alliage d'aluminium)		
– sans protection	90	50
– recouverts d'étain	105	65
– recouverts d'argent ou de nickel	115	75
– recouverts d'autres métaux (note de bas de page a)		
B Contacts dans l'huile en cuivre ou l'alliage de cuivre:		
1 Contacts élastiques		
– sans protection	80	40
– recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	90	50
– recouverts d'autres métaux (note de bas de page a)		
2 Contacts boulonnés		
– sans protection	80	40
– recouverts d'argent, d'étain ou de nickel	100	60
– recouverts d'autres métaux (note de bas de page a)		
C Bornes boulonnées dans l'air:		
– sans protection	90	50
– recouvertes d'argent, d'étain ou de nickel	105	65
– recouvertes d'autres métaux (note de bas de page a)		
D Pièces métalliques formant ressorts (note de bas de page b)		
E Matériaux utilisés comme isolants et pièces métalliques en contact avec des isolants des classes suivantes (note de bas de page c):		
Classe Y (pour les matériaux non imprégnés)	90	50
Classe A (pour matériaux imprégnés dans l'huile ou imprégnés)	100	60
Classe E	120	80
Classe B	130	90
Classe F	155	115
Émail: à base d'huile	100	60
synthétique	120	80
Classe H	180	140
Autres classes (note de bas de page d)		
F Huile (notes de bas de page e et f)		
	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
^a Si le constructeur utilise d'autres métaux de protection que ceux indiqués dans le Tableau 6, il convient de prendre en considération les propriétés de ces métaux. ^b Il est recommandé que la température ou l'échauffement n'atteignent pas une valeur telle que l'élasticité du métal en soit modifiée. ^c Classes suivant la CEI 60085. ^d Limitée seulement par la nécessité de ne pas provoquer de détérioration des pièces environnantes. ^e A la partie supérieure de l'huile. ^f Il convient de prêter une attention particulière aux questions de vaporisation et d'oxydation lorsqu'on utilise une huile de faible point d'éclair.		

4.8 Pouvoir de coupure assigné

4.8.1 Courant maximal de coupure assigné

Valeur du courant de coupure spécifié pour un fusible.

Il convient que le courant maximal de coupure assigné de l'élément de remplacement, en kA, soit choisi parmi les valeurs de 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 de 10.

4.8.2 Courant minimal de coupure assigné et classe

Le constructeur doit indiquer la classe (voir 3.3.2) et, pour les fusibles Associés, il doit aussi indiquer le courant minimal de coupure assigné. Dans le cas des fusibles d'Usage Général, il peut indiquer le courant minimal de coupure.

4.9 Surtensions de fonctionnement

Les valeurs de surtension en cours de fonctionnement pour toutes les suites d'essais ne doivent pas dépasser celles données dans les Tableaux 7 et 8.

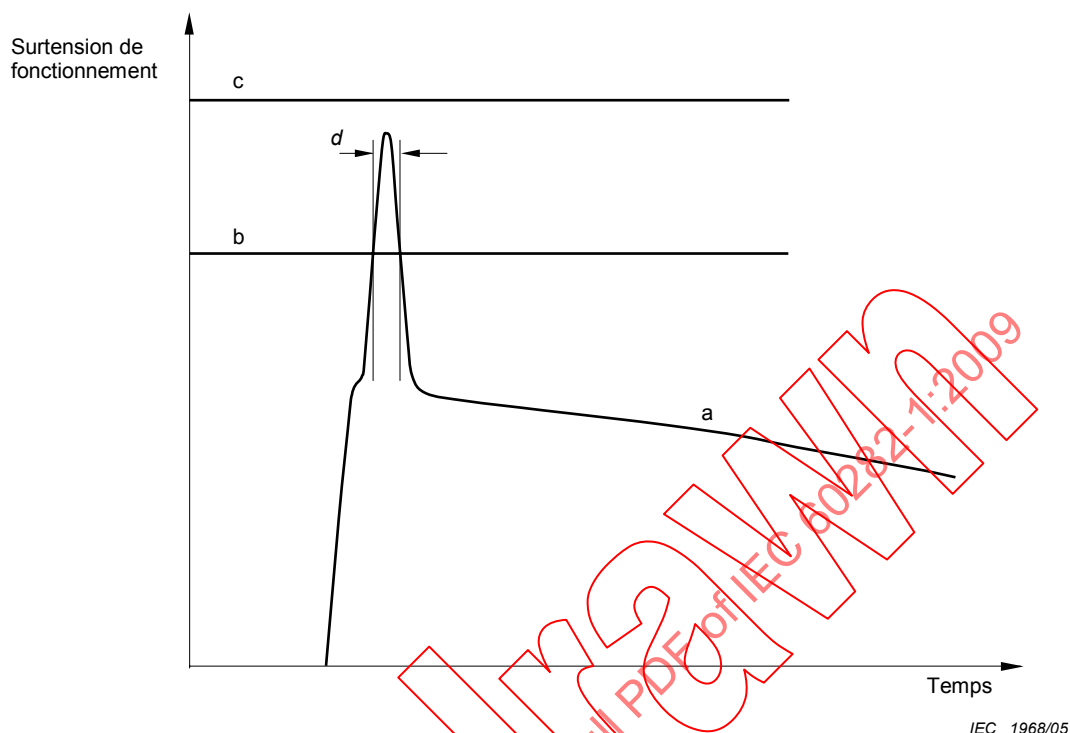
Sur demande, le constructeur doit indiquer la valeur maximale des surtensions de fonctionnement telles qu'elles sont mesurées lors des essais de coupure (voir 6.6).

Tableau 7 – Surtensions maximales de fonctionnement admissibles

Série I		Série II	
Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement	Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement
kV	kV	kV	kV
3,6	12	2,75	8
7,2	23	5,5	18
12	38	8,25	26
17,5	55	15	47
24	75	15,5	49
36	112	22	70
40,5	126	25,8	81
52	162	27	84
72,5	226	38	119
		48,3	150
		72,5	226

Tableau 8 – Valeurs maximales admissibles de la surtension de fonctionnement pour certains éléments de remplacement de petits courants assignés

Série I jusque et y compris 3,2 A		Série II jusque et y compris 12 A	
Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement (notes de bas de page a et b) kV	Tension assignée	Valeur maximale de la surtension de fonctionnement (note de bas de page b) kV
kV	kV	kV	kV
3,6	26	2,75	13
7,2	36	5,5	25
12	50	8,25	38
17,5	63	15	68
24	85	15,5	70
36	120	22 à 25,8	117
		27	123
		38	173
^a Pour les matériels de tensions assignées de la série I, les surtensions de fonctionnement spécifiées au Tableau 8 ne sont admissibles que pour les tensions de tenue assignées aux chocs de foudre de la liste 2 (voir 4.3). ^b Les valeurs des surtensions de fonctionnement peuvent dépasser les limites données au Tableau 7 pour une durée n'excédant pas 200 µs mais ne doivent pas dépasser les limites données au Tableau 8 (voir Figure 2).			



Légende

- a Courbe de la surtension de fonctionnement
- b Limite de la surtension de fonctionnement – [Tableau 7](#)
- c Limite de la surtension de fonctionnement – [Tableau 8](#)
- d $\leq 200 \mu\text{s}$

Figure 2 – Surtensions de fonctionnement admissibles pour les éléments de remplacement de faibles courants assignés ([Tableau 8](#))

4.10 Tension transitoire de rétablissement assignée (TTR assignée)

4.10.1 Généralités

La tension transitoire de rétablissement assignée associée au courant maximal de coupure assigné (conformément à 4.8) est la tension de référence qui constitue la limite supérieure de la tension transitoire de rétablissement présumée des circuits que le fusible doit pouvoir couper lors d'un court-circuit.

Les valeurs normales de la TTR assignée sont indiquées dans les Tableaux [9](#) et [10](#). Ces valeurs s'appliquent au courant maximal de coupure assigné d'un fusible.

Tableau 9 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série I

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard (note de bas de page a)	Tension (note de bas de page b)	Temps (note de bas de page c)	Vitesse d'accroissement
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/μs
3,6	6,2	40	6	2,06	19,4	0,154
7,2	12,4	52	7,8	4,1	25	0,238
12	20,6	60	9	6,9	29	0,345
17,5	30	72	10,8	10	35	0,415
24	41	88	13,2	13,8	42,5	0,47
36	62	108	16,2	20,6	52	0,57
40,5	69	115	17,2	23	55,5	0,60
52	89	132	6,6	29,5	51	0,68
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

a $t_d = 0,15 t_3$ pour $U_r < 52$ kV
et $t_d = 0,05 t_3$ pour $U_r \geq 52$ kV

b $u' = 1/3 u_c$ avec $u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

c $t' = (0,15 + 1/3) t_3$ pour $U_r < 52$ kV
et $t' = (0,05 + 1/3) t_3$ pour $U_r \geq 52$ kV

Tableau 10 – Valeurs normales de la TTR assignée – Série II

Tension assignée	Paramètres de base		Valeurs dérivées			
	Valeur de crête de la tension	Temps	Retard (note de bas de page a)	Tension (note de bas de page b)	Temps (note de bas de page c)	Vitesse d'accroissement
U_r	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	μs	μs	kV	μs	kV/μs
2,75	4,7	37	5,5	1,6	18,1	0,127
5,5	9,4	46	6,9	3,1	22,2	0,204
8,25	14,4	54	8,1	4,8	26,1	0,266
15	25,7	66	9,9	8,6	32,0	0,390
15,5	26,6	67	10,0	8,8	32,2	0,400
25,8	44	91	13,6	14,7	44,0	0,48
38	65	111	16,6	21,7	53,6	0,58
48,3	83	127	19,0	27,6	61,2	0,65
72,5	124	168	8,4	41,5	64	0,74

a $t_d = 0,15 t_3$ pour $U_r \leq 48,3$ kV
et $t_d = 0,05 t_3$ pour $U_r > 48,3$ kV

b $u' = 1/3 u_c$ avec $u_c = 1,4 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

c $t' = (0,15 + 1/3) t_3$ pour $U_r \leq 48,3$ kV
et $t' = (0,05 + 1/3) t_3$ pour $U_r > 48,3$ kV

Les valeurs indiquées dans les tableaux sont des valeurs présumées et tiennent compte de la réduction de la tension de rétablissement. Ces valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur pour les réseaux monophasés ou lorsque les fusibles sont destinés à des installations où les conditions sont plus sévères.

La tension transitoire de rétablissement assignée correspondant au courant maximal de coupure assigné est utilisée pour les essais dont le courant de coupure est égal à la valeur assignée avec la dérogation admise en 6.6.1.2.2. Pour les essais effectués à un courant de coupure inférieur à la valeur assignée, d'autres valeurs de la tension transitoire de rétablissement sont spécifiées (voir 6.6.1.2.3).

4.10.2 Représentation de la TTR

La forme d'onde des tensions transitoires de rétablissement est variable suivant la configuration des circuits réels.

Pour les fusibles tombant dans le domaine d'application de cette norme, la tension transitoire de rétablissement a la forme d'une oscillation amortie à une seule fréquence, ou une forme proche d'une telle oscillation. Cette forme d'onde est suffisamment bien décrite par une enveloppe constituée par deux segments de droite définis par deux paramètres (tracé de référence) (voir Annexe A).

La valeur capacitive de l'installation du côté de l'alimentation du fusible réduit la vitesse d'accroissement de la tension pendant les quelques premières microsecondes de la TTR. On en tient compte par l'introduction d'un retard.

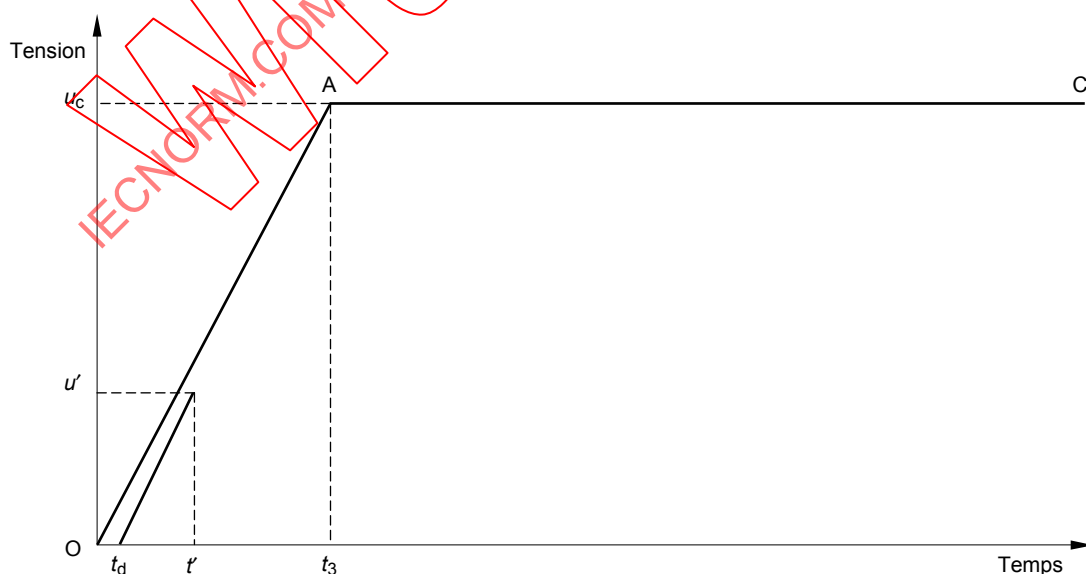
Cette représentation s'applique à la fois aux tensions transitoires de rétablissement assignées et aux autres tensions transitoires de rétablissement spécifiées qui sont représentées par des tracés de référence à deux paramètres associés à des segments de droite définissant un retard.

4.10.3 Représentation des TTR assignées

On utilise les paramètres suivants pour représenter les TTR assignées (voir Figure 3):

- u_c : crête de tension de la TTR en kilovolts,
- t_3 : temps pour atteindre la tension u_c en microsecondes.

Un segment de droite définissant le retard, partant du point situé sur l'axe des temps correspondant au retard assigné t_d et se développant parallèlement au premier segment de droite du tracé de référence de la TTR jusqu'à un point correspondant à une tension spécifiée u' (et à un temps t' associé).



IEC 1969/05

Figure 3 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard

4.11 Caractéristiques temps-courant

Les caractéristiques temps-courant des éléments de remplacement sont fixés comme suit: le courant est appliqué à un élément de remplacement neuf et sans charge préalable placé dans un socle spécifié par le constructeur, raccordé au circuit d'essai au moyen de conducteurs ayant les dimensions et les longueurs spécifiées en 6.5.1.2.

Sauf spécification contraire, les caractéristiques temps-courant doivent être jugées applicables à une température ambiante 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 6.7.2.

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, pour tenir compte d'une pratique en vigueur depuis longtemps aux Etats-Unis, un rapport 1:1 (5,6 cm) est admis en variante.

La représentation doit être faite sur une feuille de format normalisé A3 ou A4 ou suivant la norme des Etats-Unis.

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 2,8 et 5,6.

Les courbes doivent indiquer

- la relation entre la durée virtuelle de préarc et le courant présumé;
- le courant de référence utilisé, moyen ou minimal. Si on prend des valeurs moyennes, la tolérance ne doit pas dépasser $\pm 20\%$. Si on prend des valeurs minimales, la tolérance ne doit pas dépasser $+50\%$;
- le type et les caractéristiques assignées de l'élément de remplacement auquel les courbes s'appliquent;
- la zone de temps suivant les spécifications de 6.7.2.2. Pour les fusibles Associés, la courbe doit être tracée en pointillés depuis le courant minimal de coupure jusqu'à 600 s si ce courant minimal de coupure correspond à un temps inférieur à 600 s.

Afin de coordonner les fusibles entre eux ou avec d'autres dispositifs de protection, il est permis d'utiliser les caractéristiques temps-courant applicables pour des durées supérieures à 0,1 s.

Lorsque des courants de défaut plus intenses conduisent à un fonctionnement éventuel en des temps inférieurs à 0,1 s, il est permis d'utiliser les données applicables de I^2t de préarc et de I^2t de fonctionnement (voir notes 1 et 2 de 3.1.11).

4.12 Caractéristiques d'amplitude du courant coupé limité

Le constructeur doit indiquer la limite supérieure du courant coupé limité correspondant à chaque valeur de courant présumé coupé jusqu'au courant maximal de coupure assigné du fusible dans les conditions spécifiées lors des essais de coupure en 6.6.

Il doit être précisé si la caractéristique s'applique à 50 Hz ou 60 Hz.

4.13 Caractéristiques I^2t

Le constructeur doit fournir des valeurs de I^2t de fonctionnement et de I^2t de préarc correspondant aux courants présumés pour lesquels le fusible limite le courant coupé.

Les valeurs fixées pour I^2t de fonctionnement doivent correspondre aux valeurs les plus élevées susceptibles d'être rencontrées en service. Ces valeurs doivent se référer aux conditions d'essai de la présente norme, par exemple en ce qui concerne les valeurs de tension, de fréquence et de facteur de puissance.

Les valeurs fixées pour I^2t de préarc doivent correspondre aux valeurs les plus faibles susceptibles d'être rencontrées en service.

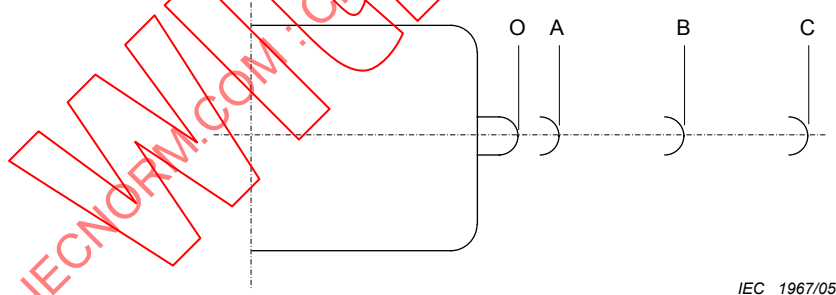
La présentation des valeurs de I^2t peut être faite sous la forme d'un simple tableau ou d'un diagramme (par exemple histogramme) ou peut utiliser une forme graphique avec le courant présumé en abscisse et I^2t en ordonnée, les deux échelles étant logarithmiques aux dimensions préférentielles indiquées en 4.12.

Les valeurs de I^2t déterminées à partir des essais de type de coupure spécifiés en 6.6 ne doivent pas être supérieures (pour I^2t de fonctionnement) ou inférieures (pour I^2t de préarc) aux valeurs fixées par le constructeur.

4.14 Caractéristiques mécaniques des percuteurs

Les percuteurs peuvent être classés suivant la quantité d'énergie qu'ils sont capables de fournir entre deux points spécifiés A et B (voir Figure 4) de leur course à un appareil mécanique de connexion ou à un dispositif de signalisation et par un effort minimal de maintien. L'effort de maintien est la caractéristique qui empêche le retour du percuteur après fonctionnement à une distance inférieure à la course réelle minimale OB lorsqu'on applique un effort statique externe.

Les caractéristiques mécaniques des percuteurs sont données dans le Tableau 11.



Légende

- OA Course libre – Pas de niveau d'énergie spécifiée
- AB Course additionnelle pendant laquelle il faut que l'énergie soit fournie
- OB Course réelle minimale
- OC Course réelle maximale
- CB Course maximale de retour autorisée sous l'influence de l'effort de maintien (si applicable)

Figure 4 – Différentes étapes de la course du percuteur

Tableau 11 – Caractéristiques mécaniques des percuteurs

Type	Energie	Caractéristiques mécaniques					
		Valeurs de la		Course réelle		Effort minimal de maintien	Durée maximale de la course (note de bas de page b)
		Course libre (OA) (note de bas de page a)	Course additionnelle pendant laquelle il faut fournir l'énergie (AB) (note de bas de page a)	Min. (OB) (note de bas de page a)	Max. (OC) (note de bas de page a)		
	J	mm	mm	mm	mm	N	ms
Léger	0,3 ± 0,25	2	8	10	30	Sans objet	50
Moyen	1 ± 0,5	4	16	20	40	20	50
Fort	2 ± 1	4	6	10	16	40	50

^a Voir la Figure 4.

^b La durée de la course est définie par l'intervalle entre l'instant du début de l'arc et l'instant où la course OB est atteinte. Les 50 ms supplémentaires demandées pour la tenue en régime d'arc (4.15.2) sont allouées au fonctionnement de l'interrupteur.

4.15 Exigences spéciales pour les fusibles Associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles selon la CEI 62271-105

4.15.1 Généralités

Pour de telles applications, il est nécessaire de s'assurer que

- a) une fois installé dans son environnement d'utilisation, le fusible est capable de supporter des courants plus petits que son courant minimal de coupure pendant la période de préarc (c'est-à-dire juste avant la fusion réelle du fusible) sans dommage thermique pour lui-même ou son environnement;
- b) le temps d'arc admissible sans dommages (voir 5.1.3) pour des courants juste inférieurs au courant minimal de coupure est plus long que le temps d'ouverture de l'interrupteur associé.

4.15.2 Température maximale du corps du fusible dans les conditions de préarc

Pour les fusibles Associés destinés à être utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles avec percuteur selon la CEI 62271-105, le fabricant de fusible doit donner la température maximale que peut atteindre le corps du fusible pour tout courant supérieur au courant minimal de fusion, ainsi que la valeur du courant correspondante.

La procédure d'essai pour déterminer ces valeurs de courant et température est donnée en 7.6.2. En cas de série homogène, il suffit de faire l'essai sur le fusible ayant le plus grand courant assigné.

4.15.3 Temps d'arc maximal admissible

Le temps d'arc maximal admissible est la durée entre le début de l'arc et l'apparition de dommage extérieur au fusible. Le constructeur de fusible doit donner des informations concernant le temps d'arc maximal admissible, pour une valeur de courant comprise entre 70 % et 100 % du courant minimal de coupure assigné.

Ce temps doit être au minimum de 0,1 s. La procédure d'essai est donnée en 7.6.3.

5 Conception, construction et performances

5.1 Exigences générales concernant le fonctionnement des fusibles

5.1.1 Généralités

Lorsque les fusibles sont utilisés sur des réseaux dont la tension de service est inférieure à leur tension, le courant maximal de coupure en kiloampères n'est pas inférieur au courant maximal de coupure assigné.

Il convient de ne pas utiliser de fusibles limiteurs de courant sur des réseaux de tension inférieure à leur tension assignée sans prendre en considération la surtension produite par le fusible en cours de fonctionnement par rapport au niveau d'isolement.

Il n'a pas été spécifié d'essais dans la zone des courants plus petits que ceux spécifiés dans les essais de coupure indiqués en 6.6 pour vérifier le fonctionnement du fusible en ce qui concerne son aptitude à supporter le courant de toutes les combinaisons possibles temps-courant, sans détérioration conduisant soit à un fonctionnement prématuré, soit à une défaillance (voir Article 8).

5.1.2 Conditions normales d'utilisation

Les fusibles doivent être capables d'interrompre correctement chaque valeur de courant présumé, indépendamment de la composante aperiodique qu'il est possible d'obtenir, à condition que

- la composante périodique ne soit pas inférieure au courant minimal de coupure assigné ni supérieure au courant maximal de coupure assigné;
- la tension de rétablissement à fréquence industrielle ne soit pas plus élevée que la valeur spécifiée dans le [Tableau 13](#) (pour conditions particulières, voir 9.3.4);
- la tension transitoire de rétablissement présumée soit comprise dans les limites correspondant aux essais spécifiés en 6.6.1.2;
- la fréquence soit comprise entre 48 Hz et 62 Hz;
- le facteur de puissance ne soit pas inférieur à celui correspondant aux essais spécifiés dans le [Tableau 13](#);
- l'onde de TTR présumée, tout en traversant le segment de droite définissant le retard sans le recouper, ne se situe pas au-dessus du tracé de référence avec les paramètres spécifiés en 6.6.1.2.

NOTE En ce qui concerne les caractéristiques de la TTR, la durée t_3 est sans importance (sauf pour les fusibles qui donnent des crêtes de tension d'arc élevées immédiatement après le début de l'arc; voir 6.6.1.2.2).

5.1.3 Conditions normales de comportement

Conformément aux conditions d'utilisation indiquées en 5.1.2, le comportement du fusible doit être le suivant.

- a) Un élément de remplacement à remplissage pulvérulent ne doit pas émettre de flamme ni de poudre; cependant, il est admis qu'une faible émission de flamme puisse se produire à partir d'un percuteur ou d'un dispositif indicateur à condition que cela ne provoque pas d'amorçage ni de courant de fuite important à la masse.
- b) Après fonctionnement, les parties du fusible – sauf celles prévues pour être remplacées après chaque fonctionnement – doivent être dans leur état d'origine. Il doit être possible d'enlever l'élément de remplacement en une seule pièce.
- c) Lorsque les éléments de remplacement sont prévus avec des dispositifs indicateurs ou des percuteurs,

- 1) les dispositifs indicateurs n'ont pas à répondre à des caractéristiques spécifiées et doivent fonctionner de façon visible et complète;
 - 2) les percuteurs doivent répondre aux caractéristiques spécifiées en 4.14 et fonctionner complètement.
- d) Le fonctionnement ne doit pas provoquer de surtensions de fonctionnement supérieures aux valeurs spécifiées en 4.9.
- e) Les valeurs des courants coupés limités correspondant à chaque valeur de courant présumé coupé ne doivent pas dépasser les valeurs correspondantes de la caractéristique d'amplitude du courant coupé limité données par le constructeur.
- f) Après fonctionnement, le fusible doit pouvoir supporter la tension de rétablissement à fréquence industrielle entre ses bornes.

5.2 Indications à porter sur les plaques signalétiques

Les indications à porter sur les plaques signalétiques des éléments de remplacement et des socles sont données ci-dessous et doivent être inscrites de façon indélébile.

NOTE Lorsque les dimensions physiques de l'élément de remplacement sont trop petites pour permettre d'inclure dans ces indications toutes celles données ci-dessous, d'autres méthodes peuvent être adoptées.

Les nombres représentant les valeurs assignées doivent être dans tous les cas suivis par le symbole de l'unité dans laquelle elles sont exprimées.

- a) Sur le socle
- nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - tension assignée;
 - courant assigné.
- b) Sur l'élément de remplacement
- nom du constructeur ou marque de fabrique;
 - désignation du type prévue par le constructeur;
 - tension assignée;
 - courant assigné;
 - courant maximal de coupure assigné;
 - classe (Associé, Usage Général, Coupure Intégrale);
 - courant minimal de coupure assigné (pour fusibles Associés seulement);
 - température maximale d'utilisation (pour les fusibles conçus pour être utilisés dans un environnement dont la température est supérieure à 40 °C, essayés selon l'Annexe E);
 - type du percuteur (léger, moyen ou fort) s'il existe;
 - emplacement du percuteur (s'il y a lieu).

S'il y a lieu, on doit indiquer également, sur l'élément de remplacement et sur le socle, s'ils sont conçus pour une utilisation à l'extérieur ou dans l'huile, à moins que cette information ne soit incluse dans la désignation du type ou dans le code d'identification.

5.3 Dimensions

L'Annexe D contient un recueil et une classification des types et dimensions spécifiés dans les différentes normes nationales existantes.

6 Essais de type

6.1 Conditions d'exécution des essais

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

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

Les essais effectués sur des éléments de remplacement équipés de percututeurs sont valables pour des éléments de remplacement sans percututeur.

Pour des facilités d'essai, 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. Lorsqu'une tolérance n'est pas spécifiée, les essais de type doivent être effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles spécifiées, les limites supérieures sont soumises à l'agrément du constructeur.

Les essais spécifiés dans la présente norme sont, en principe, des essais de type, et les modalités de prélèvement pour les essais de réception ne sont pas données.

Si l'utilisateur désire effectuer des essais de réception, ces essais doivent être choisis parmi les essais de type, après accord entre constructeur et utilisateur.

Lorsque des essais sont effectués sur un fusible dont le rapport des essais de type a déjà été accepté, la responsabilité du constructeur envers l'utilisateur est limitée aux valeurs spécifiées les moins sévères et non aux valeurs obtenues au cours des essais de type. Par exemple, bien que des essais puissent avoir été faits à 103 % de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée, le constructeur n'est cependant pas engagé pour des valeurs quelconques de fonctionnement au-delà de 100 % de la tension de rétablissement à fréquence industrielle spécifiée.

6.2 Liste des essais de type

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

- essais diélectriques (socle seulement);
- essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée;
- essais de coupure;
- essais de vérification de la caractéristique temps-courant;
- essais des percututeurs.

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

6.3.1 Généralités

Les résultats de tous les essais de type doivent être consignés dans des certificats d'essais de type contenant les indications nécessaires pour démontrer la conformité à cette norme.

Sauf spécification contraire, ce qui suit donne les dispositions communes à tous les essais.

6.3.2 Etat de l'appareil à l'essai

L'appareil doit être neuf, propre et en bon état. Avant d'effectuer les essais – sauf les essais diélectriques et les essais d'étanchéité à l'huile – la résistance de chaque élément de remplacement doit être mesurée avec un courant ne dépassant pas 10 % du courant assigné. La valeur de la résistance doit être notée ainsi que la température de l'air ambiant à laquelle le mesurage a été effectué.

6.3.3 Montage des fusibles

Le fusible à l'essai doit être monté sur un châssis métallique rigide mis à la terre, dans la position d'utilisation en service normal.

Sauf spécification contraire, les connexions doivent être disposées de façon à ne pas réduire les distances d'isolement normales.

6.4 Essais diélectriques

6.4.1 Règles d'essais

Les règles d'essais diélectriques doivent être celles spécifiées en 6.3 et comme suit.

NOTE Les éléments de remplacement ne peuvent pas être essayés séparément aussi bien à l'état neuf qu'après fonctionnement.

6.4.1.1 Montage

Pour les dispositions multipolaires de fusibles, lorsque la distance entre pôles n'est pas fixée par construction, il est nécessaire, lors des essais, d'utiliser la distance minimale entre pôles spécifiée par le constructeur.

6.4.1.2 Connexions électriques

Les connexions électriques doivent être constituées de conducteurs nus raccordés à chaque borne. Ces conducteurs doivent être disposés sans support, à partir des bornes du fusible et suivant un trajet sensiblement parallèle à l'élément de remplacement sur une distance au moins égale à la distance de sectionnement du fusible.

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

La tension d'essai spécifiée dans les Tableaux 4 et 5 pour le fusible à l'essai doit être appliquée successivement entre les points suivants, une borne de sortie du générateur de choc et un point de la source à fréquence industrielle étant reliés à la terre.

a) Entre les bornes et toutes les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre:

- 1) le fusible étant équipé de son élément de remplacement prêt à être utilisé;
- 2) l'élément de remplacement étant enlevé.

NOTE 1 Pour les dispositions multipolaires de fusibles

- entre toutes les parties sous tension de tous les pôles reliées ensemble et les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre;
- entre les bornes de chaque pôle et les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre, toutes les parties sous tension des autres pôles étant reliées aux parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre.

b) Entre entrée et sortie: ces essais sont faits sur les socles seulement.

Les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre doivent être reliées à la terre si des propriétés de sectionnement ne sont pas imposées au fusible. Si des propriétés de

sectionnement sont imposées au fusible, les parties métalliques susceptibles d'être mises à la terre doivent être soit isolées de la terre soit reliées au point milieu de la source.

NOTE 2 Pour les dispositions multipolaires de fusibles, il convient que les bornes d'un côté soient reliées ensemble, et que les bornes du côté opposé soient également reliées entre elles.

6.4.3 Conditions atmosphériques pendant l'essai

L'essai doit être effectué dans des conditions atmosphériques aussi voisines que possible des conditions normales spécifiées en 11.1 de la CEI 60060-1.

Les facteurs de correction pour la densité de l'air et l'humidité, tels qu'ils sont indiqués en 11.2.1 et 11.2.2 de la CEI 60060-1, peuvent être utilisés pour les fusibles jusqu'à plus ample information.

6.4.4 Essais à sec aux chocs de foudre

Les fusibles doivent être soumis à des essais à sec aux chocs de foudre avec des ondes 1,2/50 conformes à la Section 6 de la CEI 60060-1.

On doit appliquer 15 chocs consécutifs aux valeurs de tension de tenue assignée aux chocs de foudre spécifiées dans les Tableaux 4 et 5, de la façon suivante:

- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour toutes les conditions d'essai a) prescrites en 6.4.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement ne sont pas assignées au socle;
- à la tension de tenue assignée sur la distance de sectionnement pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

Le fusible doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives à la masse, entre pôles ou entre entrée et sortie sur une isolation autorégénératrice, ne dépasse pas deux pour chaque condition d'essai et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice (voir CEI 60071-1).

Le fusible doit pouvoir satisfaire aux essais spécifiés avec des tensions de polarité positive et négative, mais lorsqu'il est évident qu'une polarité donnera la plus faible tension d'amorçage, il suffit d'effectuer l'essai uniquement avec cette polarité.

6.4.5 Essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle

Les fusibles doivent être soumis pendant 1 min à des essais de tension de tenue à sec à fréquence industrielle conformément aux spécifications de la CEI 60060-1.

Le circuit d'essai (transformateur muni d'un dispositif de réglage de la tension) doit avoir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A. Il est permis de mesurer la grandeur de ce courant à environ 1/10 de la tension spécifiée.

Les valeurs des tensions pour les essais de tension de tenue assignée à fréquence industrielle pendant 1 min sont spécifiées dans les Tableaux 4 et 5. Les essais doivent être effectués aux valeurs suivantes:

- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour toutes les conditions d'essai a) prescrites en 6.4.2;
- à la tension de tenue assignée à la masse et entre pôles pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement ne sont pas assignées au socle;
- à la tension de tenue assignée sur la distance de sectionnement pour la condition d'essai b) prescrite en 6.4.2 si des propriétés de sectionnement sont assignées au socle.

S'il se produit un contournement ou une perforation, le fusible doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

6.4.6 Essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle

Les fusibles de type extérieur doivent être soumis à des essais de tension de tenue sous pluie à fréquence industrielle, dans les mêmes conditions que celles spécifiées en 6.4.5, sauf en ce qui concerne la durée de l'essai qui est de 1 min. Toutefois, s'il se produit une décharge disruptive sur une isolation externe autorégénératrice, cet essai doit être répété dans les mêmes conditions d'essai et le fusible doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de nouvelle décharge disruptive.

Pendant ces essais, les fusibles doivent être soumis à une pluie artificielle faisant un angle de 45° avec la verticale, les modalités d'essais étant conformes à celles indiquées dans l'Article 9 de la CEI 60060-1.

6.5 Essais d'échauffement et mesurage de la puissance dissipée

6.5.1 Règles d'essais

Les essais d'échauffement et de mesurage de la puissance dissipée doivent être effectués sur un fusible conformément aux indications de 6.3 et comme décrit ci-après.

6.5.1.1 Echantillon d'essai

Le socle doit être tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement à l'essai.

L'élément de remplacement doit avoir le courant assigné maximal utilisable dans le socle.

6.5.1.2 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 fusible dans l'air 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 doit être monté dans un plan parallèle au plan de fixation du fusible, mais il peut avoir une direction quelconque dans ce plan. Les sections des conducteurs sont données dans le [Tableau 12](#).

**Tableau 12 – Branchement électrique au circuit d'essai –
Dimensions des conducteurs**

Courant assigné de l'élément de remplacement (note de bas de page a) A		Section des conducteurs en cuivre nu (note de bas de page b) mm ²
Inférieur ou égal à	25	De 20 à 30
Supérieur à 25 et inférieur ou égal à	63	De 40 à 60
Supérieur à 63 et inférieur ou égal à	200	De 120 à 160
Supérieur à 200 et inférieur ou égal à	400	De 250 à 350
Supérieur à 400 et inférieur ou égal à	630	De 500 à 600
Supérieur à 630 et inférieur ou égal à	1 000	De 800 à 1 000

^a Pour les éléments de remplacement en parallèle, le courant assigné à prendre en compte est le courant total fixé par le constructeur.

^b La section équivalente en MCM (milliers de milles circulaires) peut être obtenue en multipliant par deux les nombres figurant dans la deuxième colonne.

Les éléments de remplacement destinés à être utilisés dans l'appareillage et immergés dans l'huile doivent être essayés dans une cuve remplie d'huile, conçue pour représenter les conditions de service. Le volume de cette cuve doit être égal à environ 30 fois le volume de l'élément de remplacement à l'essai. L'élément de remplacement doit être immergé de façon que l'huile soit également répartie autour de lui. L'Annexe C donne, à titre d'exemple, un dispositif d'essai recommandé pour les éléments de remplacement jusqu'à 200 A selon la feuille de caractéristiques II de l'Annexe D. Les connexions d'essai extérieures à la cuve doivent être disposées comme indiqué à l'alinéa précédent avec les dimensions données dans le [Tableau 12](#).

Il n'est pas nécessaire de respecter les distances d'isolement normales.

Les essais doivent être faits au courant assigné de l'élément de remplacement et 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 l'élévation de l'échauffement n'excède pas 1 K/h).

L'échauffement des différentes parties du fusible ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans l'Article 4.

6.5.2 Mesurage de la température

6.5.2.1 Température des éléments du fusible

La température des différentes parties pour lesquelles des limites sont spécifiées doit être déterminée par des dispositifs tels que thermocouples, thermomètres ou éléments de contacts placés et fixés de façon à obtenir une bonne conduction de la chaleur au point accessible le plus chaud. L'échauffement doit être enregistré à des intervalles réguliers au cours de l'essai, lorsque le calcul de la constante de temps thermique est nécessaire.

La température à la surface d'un composant immergé dans un diélectrique liquide doit être mesurée uniquement avec des thermocouples fixés à la surface de ce composant. La température du diélectrique liquide lui-même doit être mesurée au dessous, proche du composant (soit dans le liquide qui refroidit le composant).

Pour les mesurages effectués 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 vis-à-vis de la surface de refroidissement de l'appareil à l'essai.
- b) Une bonne conductivité thermique entre le thermomètre ou le thermocouple et la surface de la partie à l'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.

6.5.2.2 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant le fusible de connexion (pour des fusibles 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 fusible à environ la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant et à une distance d'environ 1 m du fusible. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de chaleur.

En vue d'éviter des erreurs d'indication du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être placés 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 fusible identique, placé dans les mêmes conditions mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Ce fusible supplémentaire ne doit pas être soumis à une quantité de chaleur excessive.

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

6.5.3 Mesurage de la puissance dissipée

Il peut être nécessaire de déclasser les fusibles utilisés sous enveloppes (voir 9.3.2 et Annexe F). La puissance dissipée doit être mesurée pour faciliter ce déclassement, de la façon suivante.

- a) Le mesurage de la puissance dissipée peut être fait au cours de l'essai d'échauffement. Deux valeurs doivent être mesurées, l'une à 50 % du courant assigné de l'élément de remplacement et l'autre à 100 %. La tension doit être mesurée sur les contacts des éléments de remplacement aussi près que possible de la pièce de contact immédiatement adjacente. Le mesurage doit être fait lorsque la puissance dissipée (la température) a atteint une valeur stable pour la valeur de courant considérée. La puissance dissipée est exprimée en watts.

NOTE Cette exigence ne s'applique qu'aux fusibles destinés à être utilisés sous enveloppe. Pour les autres fusibles, voir 7.1 et 7.3.

- b) Les constructeurs d'appareillage et les utilisateurs qui incorporent des fusibles dans leurs appareillages peuvent tenir compte des valeurs de puissance dissipée pour déterminer les facteurs de déclassement pour les différents types de fusibles adaptés à leurs appareillages. La valeur de puissance dissipée n'est pas le seul paramètre définissant les facteurs de déclassement.

6.6 Essais de coupure

6.6.1 Règles d'essais

Les règles d'essais de coupure doivent être celles spécifiées en 6.3 et comme décrites ci-après.

6.6.1.1 Description des essais à effectuer

Les essais doivent être effectués conformément aux instructions données dans le [Tableau 13](#) et doivent comprendre au moins trois suites d'essais donnant les conditions de coupure les plus sévères dans la gamme des courants de fonctionnement.

Suite d'essais 1: Vérification de fonctionnement au courant maximal de coupure assigné I_1

Suite d'essais 2: Vérification du fonctionnement avec le courant I_2 pour lequel la limitation du courant se produit lorsqu'un niveau élevé d'énergie est emmagasiné dans l'inductance du circuit (voir note plus bas)

Suite d'essais 3: Vérification du fonctionnement avec le courant I_3 :

- pour les fusibles Associés, I_3 est le courant minimal de coupure assigné;
- pour les fusibles d'Usage Général, I_3 est le courant qui provoque la fusion en 1 h ou plus;
- pour les fusibles à Coupure Intégrale, I_3 est le courant assigné de l'élément de remplacement. Cela permet un déclassement important qui pourrait amener la valeur minimale du courant de fusion près de la valeur du courant assigné.

Essais I_t : pour les éléments de remplacement présentant un ou des courants de recouvrement (voir 6.6.1.3).

En cas d'éléments de remplacement comprenant différents dispositifs d'extinction d'arc dans la même enveloppe (par exemple des éléments limiteurs de courant en série avec des éléments d'expulsion), il faut ajouter aux suites d'essais 1, 2 et 3 ci-dessus des essais supplémentaires destinés à prouver leur bon fonctionnement dans la ou les zones de courant I_t où le processus de coupure est transféré d'un dispositif de coupure à un autre. Dans la mesure où les fusibles sont conçus de manières très différentes, il n'est pas possible de spécifier des exigences d'essai précises applicables à toutes les conceptions. Il incombe au fabricant du fusible de confirmer par l'essai de coupure I_t que les mécanismes de coupure fonctionnent correctement afin de réaliser une interruption de courant appropriée dans la zone du courant de recouvrement. Les critères types utilisés pour évaluer le respect de cette exigence sont traités à l'Annexe G.

Des exigences supplémentaires relatives aux essais de coupure pour les éléments fusibles conçus pour être utilisés dans un environnement où la température est supérieure à 40°C sont traitées à l'Annexe E.

Les valeurs I_1 , I_2 , I_3 et I_t sont les valeurs efficaces de la composante c.a. du courant.

Si lors de l'exécution des essais de la suite d'essais 2, toutes les conditions requises pour la suite d'essais 1 sont complètement remplies au cours d'un ou de plusieurs essais, ces essais n'ont pas besoin d'être répétés au cours de la suite d'essais 1.

Dans des cas très exceptionnels, l'intensité I_2 peut être supérieure à l'intensité de coupure maximale I_1 . Les séries d'essais 1 et 2 doivent alors être remplacés par six essais à l'intensité maximale de coupure avec des angles d'enclenchement répartis le plus équitablement possible avec environ 30 degrés électriques entre chacun. (Les paramètres utilisés seront ceux de la suite d'essai 2 (voir [Tableau 13](#)) à l'exception de l'angle d'enclenchement et de la valeur du courant instantané à l'instant d'apparition de l'arc.)

S'il est impossible au cours de la suite d'essais 1 d'obtenir un début d'arc au voisinage de 65° après le zéro de tension, même en établissant le courant avec l'angle le plus faible possible, l'essai spécifié avec un début d'arc compris entre 40° et 65° après le zéro de tension est remplacé par un essai supplémentaire (soit trois au total) avec un début d'arc compris entre 65° et 90° après le zéro de tension.

Il n'est pas nécessaire de réaliser des essais de coupure sur les éléments fusibles de tous les calibres de courants d'une série homogène; voir 6.6.4 pour les exigences à satisfaire et les essais à réaliser.

Une série homogène peut également être approuvée sans essai de coupure par interpolation entre les résultats des essais des séries homogènes apparentées d'éléments fusibles de tensions assignées supérieures et inférieures; voir 6.6.5 pour les exigences à satisfaire.

NOTE A titre indicatif, la valeur du courant I_2 satisfaisant à cette spécification peut être déterminée par l'une ou l'autre des méthodes suivantes.

- a) A partir de l'équation suivante, si un essai avec un courant au moins égal à 150 fois le courant assigné a été fait au cours de la suite d'essais 1 avec un début de court-circuit en régime symétrique:

$$I_2 = i_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$$

où

I_2 est le courant présumé de la suite d'essais 2;

i_1 est la valeur instantanée du courant à l'instant de fusion dans la suite d'essais 1;

I_1 est le courant présumé de la suite d'essais 1.

- b) En prenant trois à quatre fois le courant auquel correspond un temps de préarc d'une demi-période sur la caractéristique temps-courant (voir 6.7 et 4.11). S'il existe une caractéristique temps-courant pour des temps virtuels inférieurs à une demi-période, il est préférable d'utiliser le courant correspondant sur cette caractéristique temps-courant à un temps de 0,08 demi-période normale.

Tableau 13 – Essais de coupure – Paramètres

Paramètres	Suite d'essais		
	1 (note de bas de page a)	2	3
Tension de rétablissement à fréquence industrielle	(0,87 × tension assignée) $^{+5}_0$ %		Tension assignée $^{+5}_0$ %
Caractéristiques de la TTR présumée	Voir 6.6.1.2		Pas de valeur spécifiée
Facteur de puissance	De 0,07 à 0,15 (note de bas de page b)		0,4 à 0,6
Courant présumé (valeur efficace de la composante périodique)	I_1 $^{+5}_0$ %	I_2	I_3 $^{+5}_0$ % (note de bas de page c)
Courant instantané au début de l'arc	Sans objet	De 0,85 I_2 à 1,06 I_2	Sans objet
Angle d'établissement	Pas avant le zéro de tension	De 0° à 20° après le zéro de tension	Quelconque
Début de l'arc après zéro de tension	Pour un essai: De 40° à 65° Pour deux essais: De 65° à 90°	Sans objet	Sans objet
Durée de maintien de la tension après coupure	Supérieure ou égale à 15 s	Supérieure ou égale à 60 s ou 5 min (note de bas de page d)	
Nombre d'essais	3	3	2
^a Etant donné que les conditions de fonctionnement peuvent produire sur les fusibles une grande variété de contraintes et que les essais de coupure sont destinés en principe à produire sur les fusibles les conditions les plus sévères, notamment en ce qui concerne l'énergie d'arc et les contraintes thermiques et mécaniques pour cette valeur de courant, il est admis que ces conditions seront pratiquement remplies au moins une fois en effectuant les essais indiqués. ^b Lorsque le constructeur est d'accord, la limite la plus basse ne s'applique pas. ^c Lorsque l'installation de la station d'essais ne permet pas de maintenir le courant constant, la tolérance sur le courant peut être dépassée dans une direction quelconque pendant un temps n'excédant pas 20 % du temps total de fusion, à condition que le courant au début de l'arc reste dans la tolérance spécifiée pour la suite d'essais 3. ^d Pour un élément fusible dit «organique», la période de maintien de la tension après la coupure ne doit pas être inférieure à 5 min pour les cas spécifiques suivants: Suite d'essai 2: pour les types: Associé, d'Usage Général et à Coupure Intégrale Suite d'essai 3: pour les types: d'Usage Général et à Coupure Intégrale Ces périodes plus longues de maintien de la tension s'appliquent uniquement au calibre de courant assigné le plus élevé d'une série homogène et elles ne s'appliquent pas lorsque ces fusibles sont destinés à être utilisés uniquement dans des combinés interrupteur-fusible (déclenchement par le perceur).			

6.6.1.2 Caractéristiques du circuit d'essai

6.6.1.2.1 Généralités

Les essais de coupure doivent être faits en courant alternatif monophasé et sur des fusibles unipolaires.

Lorsqu'il est difficile, en raison des limitations de la station d'essai, de maintenir la pleine valeur de la tension de rétablissement pendant la durée spécifiée, le circuit d'essai peut être basculé sur une source auxiliaire. Cette permutation ne doit pas être effectuée dans les 10 s suivant l'interruption du courant. Toute interruption nécessaire du circuit pour réaliser la permutation ne doit pas dépasser 0,2 s. La source auxiliaire doit être capable de fournir un courant d'au moins 1 A, tout en maintenant la valeur de la tension de rétablissement pendant le reste de la durée spécifiée. Tout réamorçage du fusible pendant la période de maintien de la tension (c'est-à-dire une augmentation du courant de fuite à travers le fusible atteignant 1 A ou plus) doit être considéré comme une interruption non réussie du fusible. La surveillance du courant peut être réalisée par toute méthode appropriée. Une méthode acceptable est de déclencher le disjoncteur utilisé pour protéger la source auxiliaire.

Les éléments du circuit utilisés pour ajuster le courant et le facteur de puissance doivent être en série les uns avec les autres et avec le fusible comme indiqué aux Figures 7 et 8. On ne doit pas utiliser de réactances susceptibles d'être saturées.

La fréquence du circuit d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

Il est recommandé de ne pas avoir de distorsion de la tension de rétablissement à fréquence industrielle qui puisse être facilement constatée lors de l'examen de l'oscillogramme. Lorsqu'une distorsion est inévitable, elle ne doit pas être assez importante pour nécessiter une tension aux bornes du circuit ouvert supérieure à 107 % de la tension correspondant à la tension de rétablissement requise pour les suites d'essais 1 et 2 spécifiées en 6.6.1.1.

Un système de mesure ayant une réponse en fréquence adéquate doit être prévu pour mesurer la surtension de fonctionnement pendant les suites d'essais 1, 2 et t_t . Pour la suite d'essais 3, ce système de mesure peut être remplacé par un éclateur à sphère ou par un dispositif ayant une réponse équivalente.

La protection contre les surtensions de fonctionnement utilisée dans le circuit d'essai doit être réalisée de telle façon qu'aucun amorçage ne se produise pendant le fonctionnement normal du fusible, étant donné qu'une dérivation à travers un tel dispositif de protection pourrait réduire les contraintes sur le fusible.

L'onde de la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'essai doit être conforme aux deux exigences suivantes:

Exigence a): son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié.

NOTE Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié (voir le quatrième alinéa de 6.1).

Exigence b): sa partie initiale ne doit pas traverser le segment de droite spécifié définissant le retard (éventuellement).

La Figure 5 illustre ces exigences.

Les valeurs normales des tracés de référence et des segments de droite spécifiées définissant le retard pour les diverses suites d'essais sont celles qui suivent.

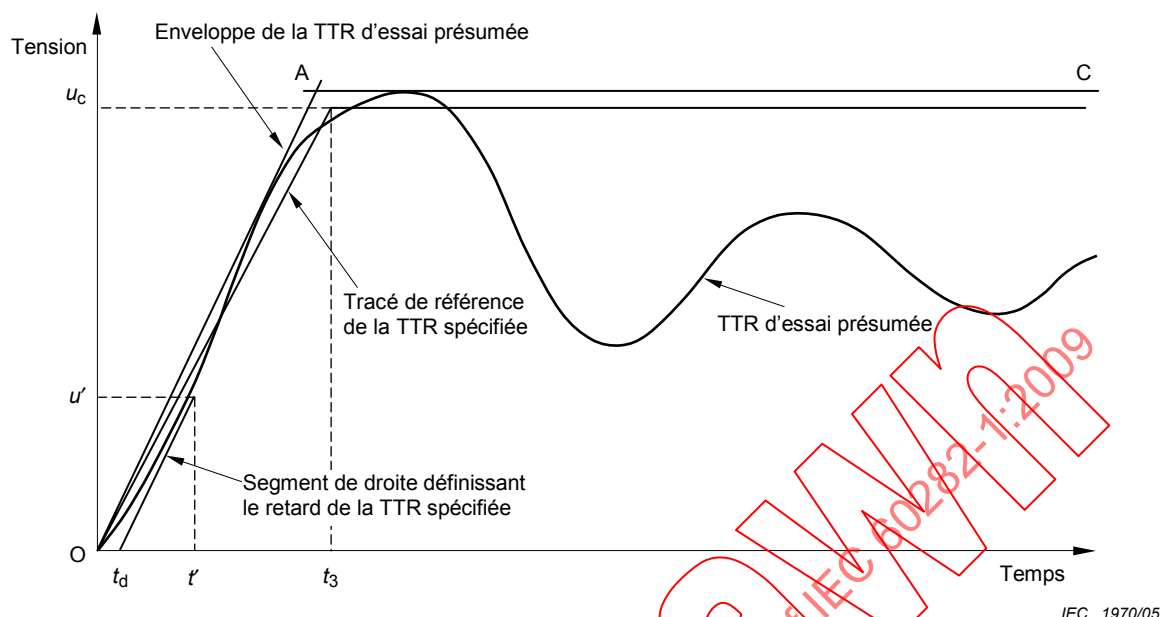


Figure 5 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type

6.6.1.2.2 TTR pour suite d'essais 1

En principe, les essais sont effectués avec les valeurs normales de la TTR spécifiées en 4.10. Cependant, comme indiqué dans l'Annexe B, les fusibles limiteurs de courant ne sont pas sensibles aux caractéristiques de la TTR sauf lorsqu'on atteint une tension d'arc très élevée immédiatement après le début de l'arc. En conséquence, et pour des facilités d'essai, on peut effectuer les essais comme décrit ci-après.

Un premier essai sera effectué avec une TTR présumée pratique quelconque et avec un début d'arc compris entre 65° et 90° électriques après le zéro de tension. Si, au cours de cet essai, la tension d'arc n'atteint pas sa crête la plus élevée dans un temps inférieur ou égal à $2 t_3$ après le début de l'arc, cet essai est valable et la suite d'essais 1 sera achevée avec le même circuit. Sinon, le circuit doit être modifié pour présenter une TTR dont l'enveloppe ne sera à aucun instant au-dessous du tracé de référence spécifié en 4.10 et dont la partie initiale ne traversera pas le segment de droite définissant le retard spécifié. Tous les essais de la suite d'essais 1 doivent être faits sur ce nouveau circuit.

6.6.1.2.3 TTR pour suite d'essais 2

Les essais doivent être effectués avec les valeurs de TTR présumée spécifiées dans les Tableaux 14 et 15 (voir Annexe B).

L'onde de la TTR présumée du circuit d'essai doit être conforme aux spécifications suivantes:

- sa valeur maximale de crête ne doit pas être inférieure au paramètre u_c spécifié;
- le segment ascendant de son enveloppe doit être compris entre les deux lignes spécifiées par la tolérance de t_3 .

NOTE 1 Le segment de droite définissant le retard n'est pas spécifié étant donné que la partie initiale de la TTR est sans importance pour le comportement de fusible (voir Annexe B).

NOTE 2 Il peut être difficile d'obtenir les coordonnées de temps spécifiées, particulièrement pour les fusibles dont le courant d'essai I_2 est petit. Dans de tels cas, sous réserve d'une entente avec le fabricant, de plus grandes valeurs de t_3 sont acceptables; il convient toutefois qu'elles soient indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 14 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série I

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c (note de bas de page a)	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
3,6	6,6	120 – 160	0,055 – 0,041
7,2	13,2	156 – 208	0,084 – 0,063
12	22	180 – 240	0,122 – 0,091
17,5	32	216 – 288	0,148 – 0,111
24	44	264 – 352	0,167 – 0,125
36	66	324 – 432	0,203 – 0,152
40,5	74	345 – 460	0,214 – 0,160
52	96	396 – 528	0,242 – 0,181
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

Tableau 15 – TTR pour la suite d'essais 2 – Série II

Tension assignée	Paramètres de base		Vitesse d'accroissement
	Valeur de crête de la tension	Temps	
U_r	u_c (note de bas de page a)	t_3	u_c/t_3
kV	kV	μs	kV/ μs
2,75	5	111 – 148	0,045 – 0,033
5,5	10	138 – 184	0,072 – 0,054
8,25	15,4	162 – 216	0,095 – 0,071
15	27,5	198 – 264	0,138 – 0,104
15,5	28,4	201 – 268	0,141 – 0,106
25,8	47	273 – 364	0,172 – 0,129
38	69,5	333 – 444	0,208 – 0,156
48,3	89	381 – 508	0,233 – 0,175
72,5	133	504 – 672	0,265 – 0,199

^a $u_c = 1,5 \times 1,5 \times \sqrt{2/3} U_r$

6.6.1.2.4 TTR pour suite d'essais 3

Les caractéristiques de la TTR ne sont pas spécifiées; la réactance du circuit (qui peut être la réactance du transformateur ou la réactance de l'ensemble transformateur-réactance(s) doit être shuntée par une résistance R_p de valeur sensiblement égale à 40 fois la valeur de la réactance. Toutefois, si cette valeur ne donne pas au moins l'amortissement critique, elle doit être diminuée de façon à obtenir cet amortissement critique (voir Annexe B).

L'amortissement critique est obtenu quand

$$R = \frac{1}{2} \frac{f_0}{f_N} X$$

où

f_0 est la fréquence propre du circuit sans amortissement complémentaire;

f_N est la fréquence industrielle;

X est la réactance du circuit à fréquence industrielle.

6.6.1.3 Essai I_t (pour les fusibles avec un courant de recouvrement)

En principe, un minimum de deux essais doit être réalisé pour chacune des deux valeurs ci-dessous:

$$I_{t1} = 1,2 I_t (\pm 0,05 I_t)$$

et

$$I_{t2} = 0,8 I_t (\pm 0,05 I_t)$$

quand I_t est la valeur du courant de recouvrement donnée par le constructeur du fusible.

S'il est connu que ces valeurs ne représentent pas le cas le plus défavorable pour ce type de construction de fusible, le constructeur peut fournir d'autres valeurs pour I_{t1} et I_{t2} .

Les paramètres à utiliser pour effectuer les essais sont les suivants, selon les valeurs du courant de recouvrement I_t :

I_t dans la gamme des courants de court-circuit (limiteur de courant): toutes conditions d'essais spécifiées au [Tableau 13](#) convenant au courant d'essai;

I_t dans la gamme des faibles surintensités, c'est-à-dire inférieur à 12 fois le courant assigné: le facteur de puissance et la fréquence de rétablissement sont identiques aux valeurs spécifiées pour la suite d'essais 3;

I_t dans la gamme intermédiaire:

- tension de rétablissement à fréquence industrielle égale à la tension assignée $^{+5}_0$ %;
- facteur de puissance:
 - 0,3 à 0,4 en retard, si I_t est compris entre 12 et 25 fois le courant assigné I_r ;
 - 0,2 à 0,3 en retard, si I_t est compris entre 25 fois le courant assigné I_r et I_2 .

TTR: Celle-ci est spécifiée par le fabricant de l'élément fusible, de manière à représenter les valeurs types constatées dans les circuits pour lesquels l'élément fusible est approprié, sur la base des courants d'essais nécessaires. Des instructions concernant les valeurs appropriées de la TTR peuvent être obtenues à partir des normes d'essai applicables à d'autres dispositifs de coupure conçus pour être utilisés dans des circonstances similaires.

Les essais doivent être réalisés dans la zone de courant où il y a un croisement soudain ou progressif du phénomène de coupure entre un mécanisme de coupure et un autre. Les valeurs de courant d'essai doivent être fournies par le fabricant. Les critères types utilisés pour évaluer le respect de cette exigence sont traités à l'Annexe G.

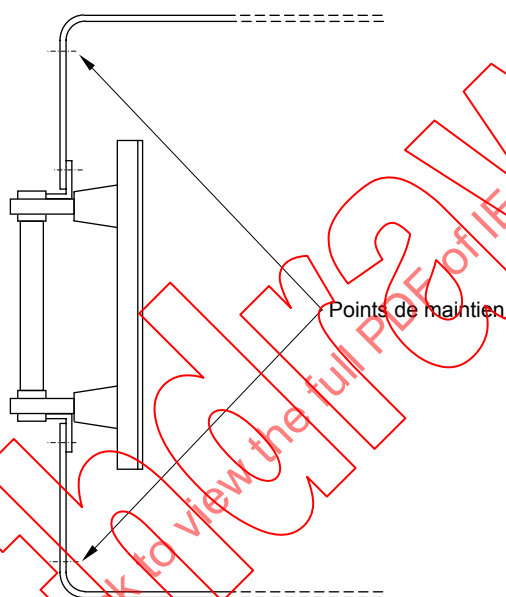
6.6.1.4 Echantillons

L'élément de remplacement doit être essayé sur un socle tel que spécifié par le constructeur de l'élément de remplacement.

6.6.1.5 Disposition de l'appareil

6.6.1.5.1 Fusibles destinés à être utilisés dans l'air

Pour les suites d'essais 1 et 2, la disposition des conducteurs doit être celle qui est indiquée à la Figure 6 afin de reproduire les efforts électrodynamiques qui peuvent se produire en service. Pour empêcher que tout mouvement des conducteurs ne provoque des efforts mécaniques excessifs sur le socle, les conducteurs doivent être soigneusement maintenus à une distance égale à la hauteur du support isolant si cette hauteur dépasse 0,50 m, ou à 0,50 m si la hauteur du support isolant est inférieure ou égale à 0,50 m. Les pliages des connexions doivent être placés immédiatement après les points de maintien. Aucune disposition n'est précisée pour la suite d'essais 3. Le fusible doit être essayé en position verticale sauf s'il est reconnu que la position horizontale est la plus sévère, auquel cas le fusible doit être essayé horizontalement.



IEC 1971/05

Figure 6 – Essais de coupure – Disposition de l'appareil

6.6.1.5.2 Fusibles destinés à être utilisés dans l'appareillage à huile

Les suites d'essais 1, 2, 3, et I_t peuvent être effectuées dans l'air ou dans une cuve remplie d'huile. Etant donné que les essais dans l'air sont plus contraignants que dans l'huile, les essais dans l'air ne peuvent être substitués aux essais dans l'huile que suite à l'accord du constructeur de fusible. Dans le cas d'une non-coupure, ces essais peuvent être répétés avec les fusibles installés dans une cuve remplie d'huile en utilisant une disposition de conducteurs appropriée dans cette cuve. La cuve remplie d'huile peut être la même que celle qui est utilisée pour les essais d'échauffement, convenablement consolidée si nécessaire, les éléments de remplacement étant déplacés pour égaliser les distances diélectriques à la cuve, et en utilisant des contacts de fusibles appropriés.

6.6.2 Modalités d'essai

6.6.2.1 Etalonnage du circuit d'essai

Le fusible ou l'élément de remplacement à l'essai doit être remplacé par une barrette d'impédance négligeable comme indiqué dans les Figures 7 et 8.

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

NOTE Pour les essais directs de la suite d'essais 3, il peut ne pas être nécessaire de faire un étalonnage du circuit d'essai mais, lorsque cela est fait, le courant peut être mesuré au moyen d'un ampèremètre en variante d'un enregistrement oscillographique.

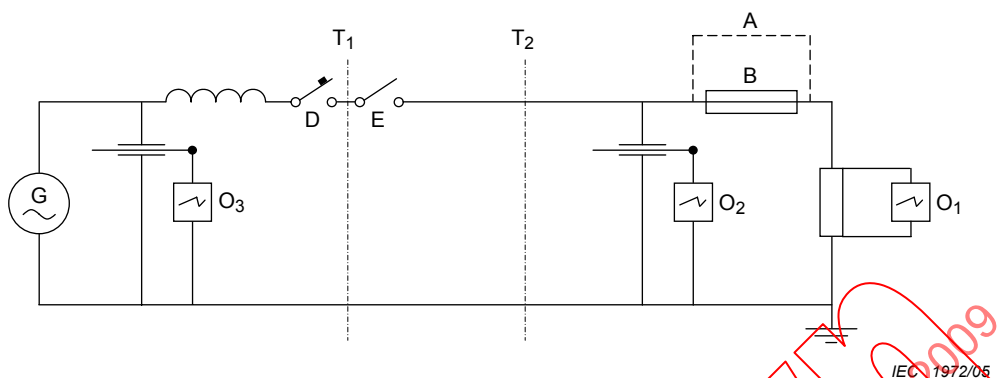
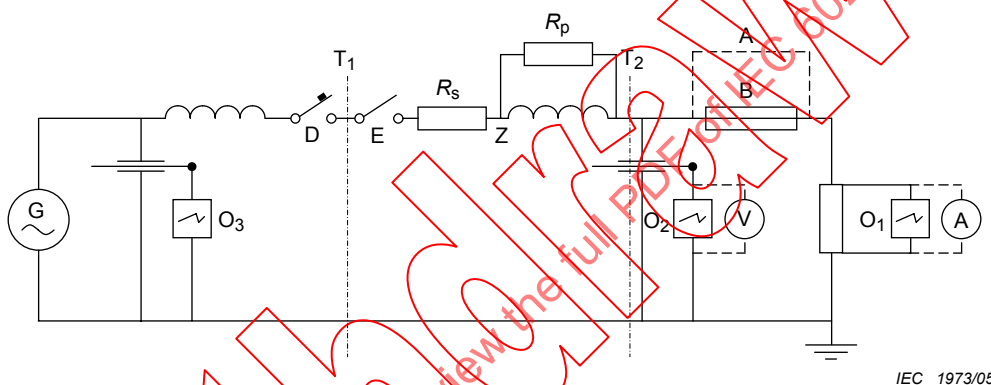


Figure 7 – Essais de coupure – Schéma type pour les suites d'essais 1 et 2



Légende pour les Figures 7 et 8

A	Connexion amovible utilisée pour l'étalonnage	O ₃	Mesurage de la tension de référence
B	Fusible à l'essai	T ₁ – T ₂	Emplacements possibles du transformateur
D	Disjoncteur protégeant la source	Z	Impédance réglable
E	Court-circuit	R _p	Résistance parallèle réglable
O ₁	Mesurage du courant	R _s	Résistance série réglable
O ₂	Mesurage de la tension de rétablissement		

Figure 8 – Essais de coupure – Schéma type pour la suite d'essais 3

6.6.2.2 Méthode d'essai

La barrette A est enlevée et remplacée par le fusible ou l'élément de remplacement B à l'essai.

Le court-circuiteur E est fermé à un instant tel que les conditions spécifiées dans le [Tableau 13](#) soient remplies.

Pour les suites d'essais 1, 2, 3 et I_t les surtensions de fonctionnement doivent être mesurées. Pour les suites d'essais 1 et 2, les courants coupés limités doivent être déterminés.

Au cours des essais de la suite d'essais 3, le courant peut être mesuré au moyen d'un ampèremètre à la place ou en plus d'un enregistrement oscillographique, ou par un système de mesure similaire.

Après le fonctionnement du fusible, la tension de rétablissement doit être maintenue à ses bornes pendant les durées spécifiées dans le [Tableau 13](#). Les quelques premières périodes doivent être enregistrées par un oscillographe ou un système similaire tandis que les suivantes peuvent être lues sur un voltmètre.

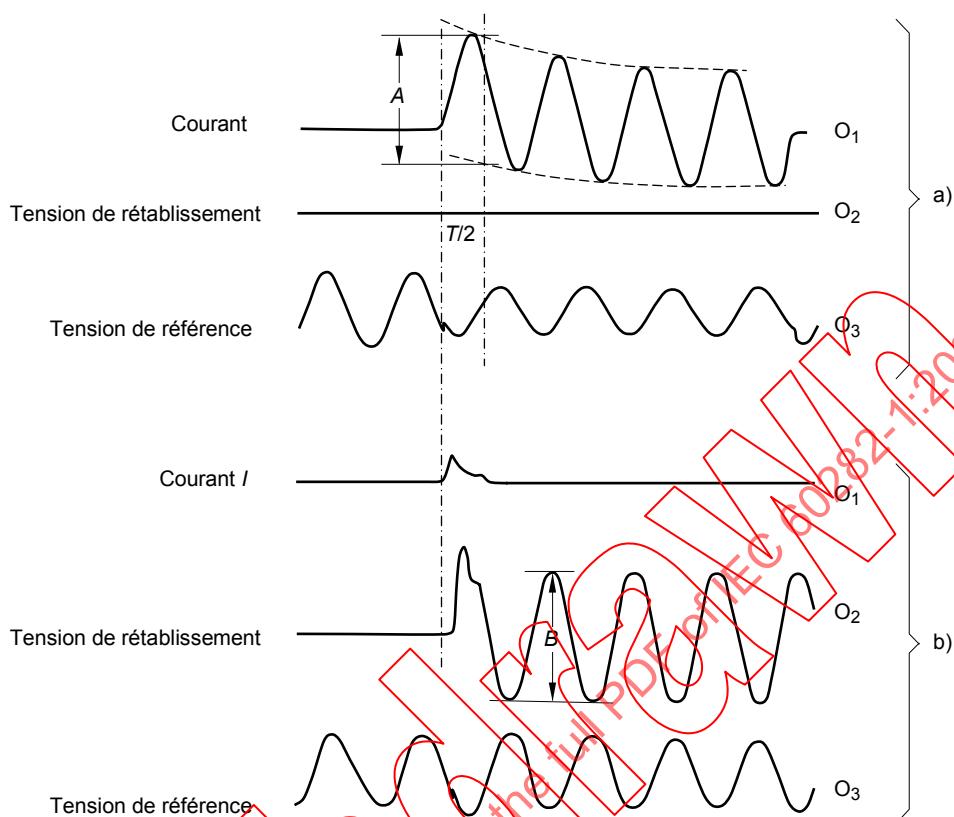
Au cours de cette période, la fréquence industrielle peut tomber au-dessous de la valeur minimale spécifiée.

6.6.2.3 Interprétation des oscillogrammes

Pour les suites d'essais 1 et 2, le courant présumé coupé doit être la valeur efficace de la composante périodique du courant, mesurée une demi-période après le début du court-circuit au cours de l'essai d'étalonnage (voir [Figures 9](#) et [10](#)).

Pour la suite d'essais 3 et les essais avec I_t , le courant coupé doit être la valeur efficace de la composante périodique du courant, mesurée à l'instant du début de l'arc au cours de l'essai de coupure (voir [Figure 11](#)).

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 (voir [Figures 9](#), [10](#) et [11](#)).



IEC 1974/05

Légende

O₁ Mesure du courant

O₂ Mesure de la tension de rétablissement

O₃ Mesure de la tension de référence

a) Etalonnage

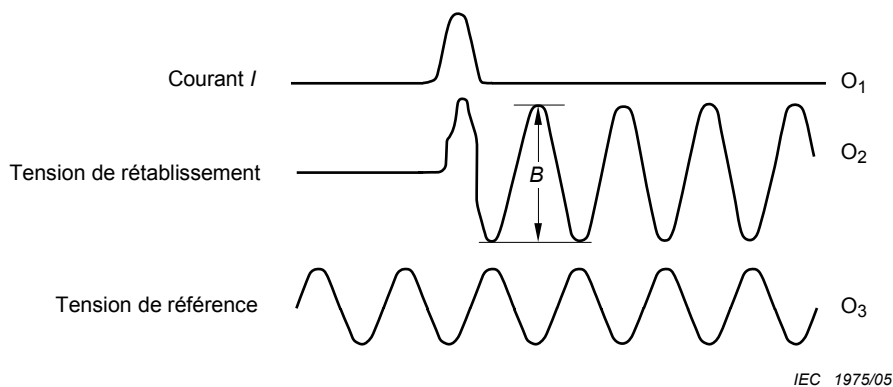
b) Essai de coupure

Valeur efficace de la composante périodique du courant présumé coupé $I = \frac{A}{2\sqrt{2}}$

Tension de rétablissement $U = \frac{B}{2\sqrt{2}}$

NOTE Les Figures 9, 10 et 11 sont des illustrations; les courants ne sont pas représentés avec la même échelle.

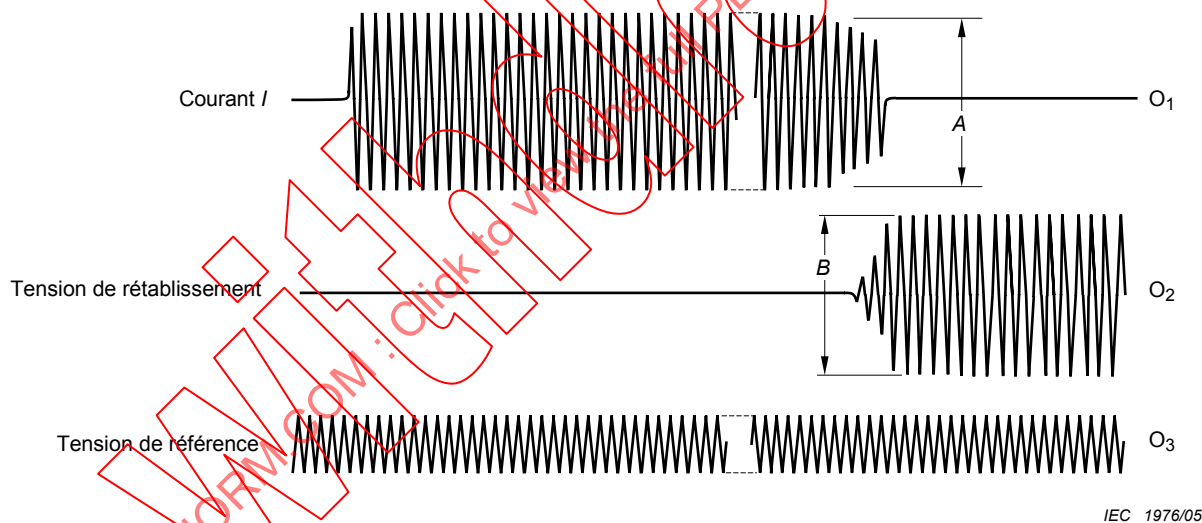
Figure 9 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes pour la suite d'essais 1



Légende

- O₁ Mesurage du courant
- O₂ Mesurage de la tension de rétablissement
- O₃ Mesurage de la tension de référence

Figure 10 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 2 (traces d'étalonnage comme indiquées en a) de la Figure 9)



Légende

- O₁ Mesurage du courant
- O₂ Mesurage de la tension de rétablissement
- O₃ Mesurage de la tension de référence

Figure 11 – Essais de coupure – Interprétation des oscillogrammes de la suite d'essais 3

6.6.2.4 Paramètres à utiliser au cours des essais

Les paramètres à utiliser au cours des essais sont donnés dans le [Tableau 13](#).

Si un essai est effectué dans des conditions plus sévères que celles spécifiées et s'il est satisfaisant, cet essai doit être valable.

6.6.3 Variantes de la méthode d'essais pour la suite d'essais 3

La suite d'essais 3 peut être réalisée à l'aide d'une seule source à haute tension pendant tout l'essai (comme dans la suite d'essais 1 ou la suite d'essais 2).

Toutefois, dans les cas où la durée de fusion est longue et/ou la capacité de la station d'essais est limitée, les essais de la suite d'essais 3 peuvent être réalisés en deux parties. Pendant la première partie de l'essai, le courant est fourni par une source à basse tension. Pour la deuxième partie, qui inclut la coupure du courant par le fusible, le courant est fourni par une source à haute tension.

Il est aussi admissible de réaliser un essai en deux parties en utilisant une seule source à haute tension avec un facteur de puissance de plus faible valeur pendant la période de fusion. Dans un tel cas, il faut que le passage au facteur de puissance requis se fasse avant l'apparition de l'arc.

6.6.3.1 Exigences du circuit d'essais

Les exigences du circuit d'essai sont les suivantes.

- a) Une source de puissance à basse tension capable de faire circuler le courant désiré dans le fusible à l'essai et un moyen de maintenir la valeur du courant constante pendant l'essai.
- b) Une source à haute tension telle que décrit en 6.6.1.2.

La valeur du courant de la source à haute tension est le courant I_3 tel que défini en 6.6.1.1.

- c) Un dispositif manuel ou automatique permettant de commuter au moment désiré pendant l'essai de la source à basse tension à la source à haute tension.

L'intervalle pendant lequel le courant est interrompu ne doit pas dépasser 0,2 s. Le courant ne doit pas comporter d'asymétrie significative au moment du passage à la source à haute tension.

De façon générale, le passage d'une source à l'autre doit se produire pendant qu'il circule encore du courant dans au moins un élément fusible. Pour un fusible à plusieurs éléments fusibles, cela correspond à la période pendant laquelle les éléments fusionnent successivement, ce qui est observable par l'augmentation en escalier de la tension aux bornes du fusible.

- d) Il est admis, avec l'accord du constructeur, de retarder le changement de source jusqu'à ce que tous les éléments (sauf l'élément du percuteur, lorsqu'il est présent) aient fusionné. Tous les autres paramètres indiqués en c) s'appliquent toujours.

Cette procédure est particulièrement utile lorsqu'il est difficile de détecter le début de la fusion de l'élément ou lorsque la valeur du courant de préarc doit être significativement plus élevée que celle déterminée pour la suite d'essais 3 (voir 6.6.3.2).

Toutefois, puisque cette méthode est considérée comme plus contraignante pour le fusible que la méthode c), il est admis, dans les cas de défaillance, de répéter les essais de la suite d'essais 3 en utilisant la méthode c) puisque celle-ci se rapproche plus des conditions réelles de service.

6.6.3.2 Valeur du courant d'essai de préarc pour la suite d'essais 3

Les valeurs du courant d'essai de préarc sont celles qui suivent.

- a) Pour les essais sur les fusibles Associés, où la durée de préarc est inférieure à 1 h, il convient que le courant de la source à basse tension soit ajusté à la valeur I_3 et maintenu à cette valeur pendant tout l'essai.
- b) Pour les fusibles à Usage Général, où un temps minimal de fusion de 1 h est requis, le courant de la source à basse tension est ajusté à la valeur I_3 mais, après 1 h, il peut être augmenté jusqu'à 15 % au-dessus de I_3 pour provoquer la fusion.
- c) Pour les fusibles à Coupure Intégrale, où la valeur de I_3 doit être égale au courant assigné du fusible, la source à basse tension peut être ajustée à une valeur supérieure à I_3 pendant

la partie basse tension de l'essai de façon à éviter une période inutilement longue d'essai, à la condition que la durée résultante de préarc ne soit pas inférieure à 1 h. Le courant de la source à basse tension ne doit toutefois pas dépasser I_3 par plus de 42 % pendant cette période de préarc.

Après une période de 1 h, le courant de la source basse tension peut être à nouveau augmenté d'au maximum 15 % pour provoquer la fusion.

Si cette valeur plus grande de courant produit encore un temps d'essais non convenable, il est admis de placer l'élément de remplacement dans une enceinte à refroidissement limité, toujours à la condition qu'un temps de fusion d'au moins 1 h soit respecté.

Dans les cas où l'utilisation d'une telle enceinte n'est pas suffisante pour provoquer la fusion dans une période convenable, la méthode d'essai décrite à l'Annexe E peut être utilisée.

6.6.4 Essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène

6.6.4.1 Caractéristiques des éléments de remplacement d'une série homogène

Sont considérés comme formant une série de construction homogène les éléments de remplacement dont les caractéristiques répondent aux critères suivants.

- a) La tension assignée, le courant maximal de coupure assigné et la fréquence assignée doivent être les mêmes.
- b) Tous les matériaux utilisés doivent être identiques, y compris le matériau de remplissage et sa granulométrie.
- c) Toutes les dimensions de l'élément de remplacement sauf la section et le nombre des éléments fusibles doivent être identiques ainsi que cela est explicité ci-après de d) à h).
- d) Dans n'importe lequel des éléments de remplacement, tous les éléments fusibles principaux doivent être identiques.
- e) La loi régissant la variation de la section des éléments fusibles individuels le long de ces éléments doit être la même.
- f) Toutes les variations en épaisseur, largeur et nombre doivent être une fonction monotone¹ du courant assigné. En particulier, il n'est pas permis de compenser une augmentation de section par la réduction du nombre des éléments fusibles et vice versa.
- g) La variation éventuelle de l'espacement entre les éléments fusibles individuels et de l'espacement entre le ou les éléments fusibles et l'enveloppe doit être une fonction monotone² du courant assigné.
- h) Un élément fusible particulier utilisé pour un dispositif indicateur ou un percuteur n'a pas à répondre aux points e) et f) ci-dessus, mais doit être le même pour tous les éléments de remplacement.

6.6.4.2 Conditions d'essai

Dans une série homogène d'éléments de remplacement, il suffit d'effectuer les essais de coupure conformément au [Tableau 16](#).

¹ Fonction monotone: une fonction qui varie de façon continue dans la même direction quand la variable varie dans une direction donnée.

Tableau 16 – Exigences d'essais de coupure pour les éléments de remplacement d'une série homogène

Suite d'essais	Éléments de remplacement à essayer (les croix indiquent les essais à effectuer)		
	A	B	C
1	X		X
2 (note de bas de tableau a)	X (note de bas de tableau c)		X
3 (note de bas de tableau b)	X (note de bas de tableau d)	X (note de bas de tableau d)	X
a Les courants d'essai I_2 des éléments de remplacement A et C seront choisis en fonction des courants assignés respectifs de ces éléments de remplacement. b Il est recommandé que l'élément de remplacement du plus petit courant assigné comprenne au moins deux éléments fusibles individuels principaux en plus de l'élément éventuel utilisé pour le fonctionnement du perceur. c Cet essai n'est exigé que si la section des éléments fusibles individuels est inférieure à celle des éléments de remplacement C. d Cet essai n'est exigé que si le rapport I_3/s de l'un quelconque des éléments de remplacement A ou B est plus petit que celui de l'élément de remplacement C. Dans ce cas, l'élément de remplacement ayant le plus petit rapport I_3/s est choisi pour la suite d'essais 3.			

Les symboles utilisés dans le [Tableau 16](#) ont la signification suivante:

- A: élément de remplacement du plus petit courant assigné;
- B: élément de remplacement quelconque d'un courant assigné compris entre A et C;
- C: élément de remplacement du plus grand courant assigné;
- s: section de chacun des éléments fusibles individuels.

6.6.4.3 Interprétation des essais de coupure

Si les essais effectués selon le [Tableau 16](#) donnent les résultats conformes aux exigences de 5.1.3, les éléments de remplacement d'un courant assigné quelconque, dans la série de construction homogène, doivent être considérés comme satisfaisant à la présente spécification en ce qui concerne la coupure.

Si un élément de remplacement ne fonctionne pas de façon satisfaisante aux termes de 5.1.3 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.

Le constructeur doit fournir des valeurs de courant minimal de coupure pour les éléments de remplacement de tous les courants assignés disponibles dans la série homogène. Ces valeurs doivent être basées sur les essais de coupure de la suite d'essais 3 de l'élément de remplacement C de la série. Les valeurs du courant minimal de coupure pour les autres courants assignés dans la même série homogène peuvent être déterminés par le calcul selon la règle que la densité de courant par élément fusible principal (rapport I_3/s) aux valeurs assignées du courant minimal de coupure doit être égale ou supérieure à celle de l'élément de remplacement C.

6.6.5 Qualification par interpolation d'une série homogène d'éléments de remplacement

Si deux séries homogènes X et Z de tensions assignées différentes U_X et U_Z ont été essayées avec succès, une troisième série Y de tension assignée intermédiaire U_Y n'a pas, en principe, à être essayée si les conditions suivantes s'appliquent.

- a) La tension assignée U_Z est inférieure ou égale à $2 U_X$.
- b) Les courants assignés de Y sont dans la limite des courants assignés communs aux séries X et Z déjà essayées.
- c) Les courants maximaux de coupure assignés aux tensions assignées U_X et U_Z sont les mêmes, ou, s'ils sont différents, seule la plus faible valeur est censée s'appliquer à U_Y .
- d) Les courants minimaux de coupure assignés aux tensions assignées U_X et U_Z des éléments de remplacement de même courant assigné sont les mêmes, ou, s'ils sont différents, seule la valeur la plus élevée est censée s'appliquer à U_Y .
- e) Les fréquences assignées sont les mêmes.
- f) Tous les matériaux sont identiques.
- g) Toutes les dimensions sauf la longueur de l'élément de remplacement et celle des éléments fusibles sont identiques.
- h) Pour chaque courant assigné, le nombre des éléments fusibles individuels et leur section sont les mêmes; la loi régissant la variation de la section exprimée par le nombre de variations par unité de longueur doit rester identique lors de l'interpolation de la longueur des éléments fusibles de tensions assignées intermédiaires.
- i) La longueur des éléments fusibles est déduite de celle des éléments déjà essayés, par interpolation linéaire en fonction de la tension assignée déjà essayée.

6.6.6 Acceptation d'une série homogène d'éléments de remplacement de longueurs différentes

Pour s'adapter aux fixations de différents types d'interrupteurs-fusibles ou de socles, il est parfois nécessaire de disposer du même modèle d'élément de remplacement dans deux longueurs d'enveloppe ou plus. En principe, si la version la plus courte a été complètement essayée, on estime qu'il n'est pas nécessaire d'essayer les versions d'enveloppes plus longues à condition que les exigences ci-dessous soient satisfaites.

Les caractéristiques de coupure déclarées et les caractéristiques assignées fondées sur des essais effectués sur une série homogène selon 6.6.2. et 6.6.4 sont valides pour d'autres séries homogènes utilisant des enveloppes de longueurs supérieures pourvu que les conditions suivantes soient remplies.

- a) La longueur des enveloppes de la gamme d'éléments non essayée ne dépasse pas 1,6 fois la longueur de la gamme essayée pour la même tension assignée. Le pas d'enroulement des éléments fusibles principaux peut être allongé, mais leur longueur doit être la même que dans le fusible essayé de la série.
- b) La gamme non essayée est conforme en tous points à 6.6.4.1 sauf la longueur de l'enveloppe.
- c) Le courant assigné maximal de gamme non essayée n'excède pas celui de la gamme essayée et le plus petit courant assigné de la gamme non essayée n'est pas inférieur à celui de la gamme essayée.

6.7 Essais de vérification de la caractéristique temps-courant

6.7.1 Règles d'essais

Les règles d'essais doivent être celles spécifiées en 6.3 ainsi que celles citées ci-après.

6.7.1.1 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 fusible doit être approximativement à la température de l'air ambiant.

6.7.1.2 Disposition de l'appareil

Les essais doivent être faits avec la même disposition de l'appareil que pour les essais d'échauffement (voir 6.5.1.2), s'ils sont effectués séparément ou avec la disposition utilisée pour les essais de coupure (voir 6.6.1.5).

6.7.2 Méthode d'essai

Les essais de vérification de la caractéristique temps-courant doivent être effectués comme suit.

6.7.2.1 Essais de vérification de la durée de préarc

Les essais de vérification de la durée de préarc peuvent être faits à une tension quelconque convenable, le circuit d'essai étant prévu de telle façon que le courant traversant le fusible soit maintenu à une valeur sensiblement constante.

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

6.7.2.2 Gamme de temps

Les essais doivent être faits dans les gammes de temps suivantes:

- fusibles Associés: de 0,01 s à 600 s;
- fusibles d'Usage Général et fusibles à Coupure Intégrale: de 0,01 s à 1 h. Pour les fusibles à Coupure Intégrale, il convient que la gamme de temps s'étende de préférence au-delà de 1 h.

6.7.2.3 Mesurage du courant

Le courant traversant le fusible durant ces essais doit être mesuré au moyen d'un ampèremètre, d'un oscillographe ou de tout autre instrument convenable.

6.7.2.4 Détermination des temps

Lorsque les temps sont enregistrés par un oscillographe, les durées de préarc doivent être soit des durées virtuelles soit des durées réelles en indiquant la méthode choisie.

6.8 Essais des percuteurs

6.8.1 Généralités

Ces essais sont destinés à vérifier que le percuteur est capable de fournir l'énergie spécifiée dans le [Tableau 11](#) même dans les conditions de service qui impliquent de faibles valeurs de courant ou de tension. Les essais de 6.8.3 sont également destinés à prouver que l'intervention du percuteur est suffisamment rapide pour assurer le fonctionnement correct des combinés interrupteurs-fusibles déclenchés par percuteur.

L'énergie d'un percuteur déclenché par un ressort peut être soit vérifiée pendant les essais de fonctionnement au moyen d'un pendule soit mesurée après les essais à partir de la caractéristique effort-course (voir 6.8.4.1). L'énergie d'un percuteur déclenché par une charge explosive doit être mesurée au cours des essais de fonctionnement au moyen d'un pendule.

L'effort de maintien des percuteurs des types moyen et fort (voir [Tableau 11](#)) doit être vérifié après les essais de fonctionnement.

6.8.2 Percuteurs à essayer

Les éléments de remplacement utilisés pour les essais de percuteur doivent avoir le courant assigné le plus grand et/ou la puissance dissipée la plus élevée dans la gamme de fusibles utilisant un type donné de système de percussion.

Lorsqu'un système de percussion (comprenant un percuteur et un fil résistant en série) est commun à une ou à plusieurs gammes données d'éléments de remplacement², il suffit de faire les essais sur un élément de remplacement de tension assignée quelconque pour s'assurer du fonctionnement des percuteurs dans toute la ou les gammes. Les résultats sont valables pour les éléments de remplacement d'autres tensions assignées lorsque le même système de percussion est utilisé pourvu que les longueurs du fil résistant soient sensiblement proportionnelles aux tensions assignées des éléments de remplacement.

6.8.3 Essais de fonctionnement

Les éléments de remplacement utilisés pour les essais de percuteurs doivent tout d'abord être placés dans un circuit à basse tension et on leur applique un courant tel que les éléments fusibles principaux fondent. La tension doit être suffisamment basse pour ne pas détériorer les circuits du percuteur des éléments de remplacement. La valeur du courant d'essai doit être telle qu'elle donne une durée de préarc qui ne soit pas inférieure à 20 min.

NOTE La partie préparatoire des essais de fonctionnement spécifiés peut ne pas convenir pour les percuteurs équipés d'un relais thermique complémentaire. Un déclenchement thermique prématuré du percuteur peut empêcher la poursuite normale de l'essai tel qu'il est spécifié. Des spécifications d'essai appropriées pour couvrir ce cas ne sont pas encore spécifiées.

Les essais a) et b) doivent ensuite être exécutés sans retard intentionnel sur ces éléments de remplacement dont les éléments fusibles principaux sont fondus:

Essai a): Courant d'essai: $\leq 10 \text{ A}$
Tension d'essai: non spécifiée

Essai b): Tension d'essai: $\leq 0,075 U_r$
Courant d'essai: non spécifié

où U_r est la tension assignée des éléments de remplacement.

Le facteur de puissance du circuit d'essai peut avoir toute valeur convenable.

Trois échantillons doivent être essayés selon l'essai a) et trois selon l'essai b).

Lorsqu'il est possible de combiner les essais a) et b), trois échantillons seulement au total ont besoin d'être essayés.

6.8.4 Résultats à obtenir au cours des essais

6.8.4.1 Généralités

Pour les essais a) et b), la course de percuteur, la quantité d'énergie délivrée au cours de la course réelle et l'effort de maintien doivent se situer dans les limites spécifiées au [Tableau 11](#).

Pour l'essai b), la durée de la course mesurée ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le [Tableau 11](#).

² Le percuteur, le matériau et la section du fil résistant sont identiques dans tous les cas, seule la longueur du fil résistant peut varier.

6.8.4.2 Essai relatif à l'énergie

Lorsque l'énergie est mesurée à partir de la caractéristique effort-course, ce mesurage doit être effectué après les essais de fonctionnement comme suit: les efforts du ressort F_A et F_B correspondant respectivement au début et à la fin de la course additionnelle AB indiquée dans la Figure 4 doivent être mesurés sur un échantillon et l'énergie calculée à partir de la formule:

$$\text{énergie (J)} = \frac{(F_A + F_B) \times AB}{2\,000}$$

où F_A et F_B sont exprimés en newtons et AB en millimètres.

Lorsque l'énergie est mesurée au moyen d'un pendule, ce mesurage doit être effectué au cours de l'essai de fonctionnement a) comme suit.

Il est recommandé d'utiliser un pendule tel que celui décrit dans l'ISO 148-2, mais avec les plus faibles valeurs d'énergie et de vitesse de choc spécifiées dans l'ISO 179. En particulier, il convient d'utiliser les machines du type 4 J pour essayer les percuteurs moyens et forts, et les machines du type 0,5 J pour essayer les percuteurs légers.

Le marteau de la machine d'essai est muni d'une plaque plane en acier de dureté minimale Vickers HV 235 et de dimension suffisante, perpendiculaire à la trajectoire du percuteur.

Après sa course libre spécifiée, le percuteur doit frapper le marteau au repos sur sa surface plane. La trajectoire du percuteur doit passer par le centre de percussion de la machine et doit être perpendiculaire à un plan défini par ce centre de percussion et par l'axe d'oscillation du pendule.

6.8.4.3 Essai relatif à l'effort de maintien

Pour les percuteurs des types moyen et fort, l'effort de maintien doit être vérifié sur trois échantillons après avoir effectué les essais de fonctionnement a) et b). Cet essai consiste à appliquer un effort statique égal à l'effort minimal de maintien assigné dans l'axe du percuteur et à vérifier que la course résiduelle de celui-ci n'est pas inférieure à la course réelle maximale spécifiée OB (voir Figure 4).

6.9 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les fusibles tombant dans le domaine d'application de cette norme sont insensibles aux perturbations électromagnétiques et par conséquent aucun essai d'immunité n'est nécessaire. Toute perturbation électromagnétique qui pourrait être générée par le fusible se limite au moment de son fonctionnement. Aucun autre essai de compatibilité électromagnétique n'est exigé pourvu que les valeurs de la surtension de fonctionnement obtenues aux essais de type ne dépassent pas celles indiquées dans les Tableaux 7 et 8 de cette norme.

7 Essais spéciaux

7.1 Généralités

Les essais spéciaux sont effectués pour vérifier qu'un type ou un modèle particulier de fusible 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 fusibles du même modèle.

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