

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**High-voltage switchgear and controlgear –  
Part 107: Alternating current fused circuit-switchers for rated voltages above  
1 kV up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –  
Partie 107: Circuits-switchers fusibles pour courant alternatif de tension  
assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2012 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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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.

#### Useful links:

IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

---

### 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.

#### Liens utiles:

Recherche de publications CEI - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**High-voltage switchgear and controlgear –  
Part 107: Alternating current fused circuit-switchers for rated voltages above  
1 kV up to and including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –  
Partie 107: Circuits-switchers fusibles pour courant alternatif de tension  
assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX



---

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-83220-119-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 General.....	7
1.1 Scope.....	7
1.2 Normative references .....	7
2 Normal and special service conditions .....	8
3 Terms and definitions .....	8
3.1 General terms.....	8
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear .....	8
3.3 Parts of assemblies .....	8
3.4 Switching devices .....	8
3.5 Parts of switchgear and controlgear.....	9
3.6 Operation .....	9
3.7 Characteristic quantities .....	10
3.101 Fuses .....	12
4 Ratings.....	12
4.1 Rated voltage ( $U_r$ ) .....	13
4.2 Rated insulation level .....	13
4.3 Rated frequency ( $f_r$ ).....	13
4.4 Rated normal current and temperature rise.....	13
4.4.1 Rated normal current ( $I_r$ ).....	13
4.4.2 Temperature rise.....	13
4.4.101 Rated maximum thermal current ( $I_{th}$ ) .....	13
4.5 Rated short-time withstand current ( $I_k$ ) .....	13
4.6 Rated peak withstand current ( $I_p$ ) .....	13
4.7 Rated duration of short circuit ( $t_k$ ).....	14
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits ( $U_a$ ).....	14
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits.....	14
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems .....	14
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation .....	14
4.101 Rated short-circuit breaking current $I_{sc}$ .....	14
4.102 Rated transient recovery voltage .....	14
4.103 Rated short-circuit making current .....	14
4.104 Rated take-over current .....	15
5 Design and construction .....	15
5.1 Requirements for liquids in fused circuit-switchers.....	15
5.2 Requirements for gases in fused circuit-switchers.....	15
5.3 Earthing of fused circuit-switchers .....	15
5.4 Auxiliary and control equipment.....	15
5.5 Dependent power operation .....	16
5.6 Stored energy operation .....	16
5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation) .....	16
5.8 Operation of releases .....	16
5.9 Low- and high- pressure interlocking and monitoring devices.....	16
5.10 Nameplates .....	16

5.11	Interlocking devices .....	17
5.12	Position indication .....	17
5.13	Degrees of protection by enclosures .....	17
5.14	Creepage distances for outdoor insulators .....	17
5.15	Gas and vacuum tightness .....	17
5.16	Liquid tightness .....	17
5.17	Fire hazard (flammability) .....	17
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC) .....	17
5.19	X-ray emission .....	17
5.20	Corrosion .....	17
5.101	Linkages between the fuse striker(s) and the circuit-switcher release .....	18
5.102	Low over-current conditions (long fuse pre-arcing time conditions) .....	18
6	Type tests .....	18
6.1	General .....	18
6.1.1	Grouping of tests .....	19
6.1.2	Information for identification of specimens .....	19
6.1.3	Information to be included in type-test reports .....	19
6.2	Dielectric tests .....	19
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) test .....	19
6.4	Measurement of the resistance of circuits .....	19
6.5	Temperature-rise tests .....	19
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests .....	19
6.7	Verification of the protection .....	19
6.8	Tightness tests .....	20
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC) .....	20
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits .....	20
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters .....	20
6.101	Making and breaking tests .....	20
6.101.1	Conditions for performing the tests .....	20
6.101.2	Test duty procedures .....	25
6.101.3	Behaviour of the fused circuit-switcher during tests .....	30
6.101.4	Condition of the apparatus after tests .....	30
6.102	Mechanical operation tests .....	31
6.102.1	Condition of fused circuit-switcher during and after mechanical operation tests .....	32
6.102.2	Condition of the fuses during and after mechanical operation tests .....	32
6.103	Extension of validity of type tests .....	32
6.103.1	Dielectric properties .....	32
6.103.2	Temperature rise .....	32
6.103.3	Making and breaking .....	33
7	Routine tests .....	33
7.101	Mechanical operating tests .....	33
8	Guide for the selection of fused circuit-switchers .....	34
8.1	Selection of rated values .....	34
8.2	Continuous or temporary overload due to changed service conditions .....	34
8.101	Additional criteria .....	34
8.102	Short-circuit breaking current .....	34
8.103	Rated maximum thermal current .....	35
8.104	Currents between thermal current and $I_3$ of the fuses .....	35

8.105	Transfer current.....	35
8.106	Take-over current.....	35
8.107	Extension of the validity of type tests.....	35
8.108	Operation.....	36
8.109	Comparison of performances of fused circuit-switchers with performances of switch-fuse combinations and circuit-breakers.....	36
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders.....	37
9.1	Information to be given with enquiries and orders.....	37
9.2	Information to be given with tenders.....	37
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance.....	38
11	Safety.....	38
12	Influence of the product on the environment.....	38
Annex A (informative)	Applicability of the rated take-over current test duty.....	39
	Bibliography.....	47
	Figure 1 – Characteristics for determining the take-over current.....	15
	Figure 2 – Arrangement of test circuits for test duties $TD_{I_{th}}$ , $TD_{I_{sc}}$ , $TD_{I_{to}}$ and $TD_{I_{low}}$ .....	22
	Figure 3 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line.....	24
	Figure 4 – Example of a two parameters envelope for a TRV.....	25
	Figure 5 – Measurement of the power frequency recovery voltage with striker operation.....	27
	Figure A.1 – Visualization of the application margin for a given fuse.....	41
	Table 1 – Nameplate markings.....	16
	Table 2 – Summary of test parameters for test duties.....	29
	Table 3 – Comparison between switch-fuse combination and fused circuit-switcher.....	37
	Table 4 – Comparison between fused circuit-switcher and circuit breaker.....	37
	Table A.1 – Minimum application margin $A_m$ according to fuse characteristic.....	44
	Table A.2 – Minimum protection time delay.....	45
	Table A.3 – Examples of possible need for time delay.....	45

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –****Part 107: Alternating current fused circuit-switchers  
for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV**

## 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 62271-107 has been prepared by subcommittee 17A: High voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2005. It constitutes a technical revision.

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

- the reference to IEC 60694 has been changed to IEC 62271-1;
- the new clauses and subclauses from IEC 62271-1 have been added and where necessary new wording has been provided;
  - 4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation
  - 5.19 X-ray emission
  - 5.20 Corrosion

- 6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits
  - 6.11 X-radiation test procedure for vacuum interrupters
  - 12 Influence of the product on the environment
- the normative references have been updated: IEC 60265-1 to IEC 62271-103, IEC 60787 to IEC/TR 60787, IEC 60466 to IEC 62271-201, and IEC/TR 60787 was moved to the bibliography;
  - the figures and tables have been placed in the document where they are first cited;
  - the numbering of figures and tables has been changed to obtain the correct order;
  - the definition of NSDD was deleted. This definition is included in IEC 62271-1;
  - the acceptance criteria have been aligned with 6.101.4 of IEC 62271-103:2011;
  - the various provisions expressed about "extension of the validity of type tests" have been grouped under 6.103: some of the rules were duplicated in Clauses 6 and 8, and it seems better fitted to deal within each type test sub-clause only with the type test to be performed. Conditions have not been changed, but the wording is clearer;
  - new numbering of subclauses in Clauses 8 and 9 to avoid conflict with clauses from IEC 62271-1.

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

FDIS	Report on voting
17A/997/FDIS	17A/1004/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.

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 62271-1:2007, to which it refers and which is applicable unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1. Amendments to these clauses and subclauses are given under the same numbering, whilst additional subclauses, are numbered from 101.

A list of all the parts in the IEC 62271 series, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

### Part 107: Alternating current fused circuit-switchers for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV

## 1 General

### 1.1 Scope

Subclause 1.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable, and is replaced as follows.

This part of IEC 62271 applies to three-pole operated units for distribution systems that are functional assemblies of a circuit-switcher and current-limiting fuses designed so as to be capable of:

- breaking, at the rated recovery voltage, any load or fault current up to and including the rated short-circuit breaking current;
- making, at the rated voltage, circuits to which the rated short-circuit breaking current applies.

They are intended to be used for circuits or applications requiring only a normal mechanical and electrical endurance capability. Such applications cover protection of HV/LV transformers for instance, but exclude distribution lines or cables, as well as motor circuits and capacitor bank circuits.

Short-circuit conditions with low currents, up to the fused circuit-switcher rated take-over current, are dealt with by supplementary devices (strickers, relays, etc.), properly arranged, tripping the circuit-switcher. Fuses are incorporated in order to ensure that the short-circuit breaking capacity of the device is above that of the circuit-switcher.

NOTE 1 In this standard the term "fuse" is used to designate either the fuse or the fuse-link where the general meaning of the text does not result in ambiguity.

This standard applies to fused circuit-switchers designed with rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV for use on three-phase alternating current systems of either 50 Hz or 60 Hz. Comparison with other existing switching devices is provided in Clause 8.

NOTE 2 Other circuit-switchers exist; see reference [1]<sup>1</sup>.

Devices that require a dependent manual operation are not covered by this standard.

Fuses are covered by IEC 60282-1.

Earthing switches forming an integral part of a circuit-switcher are covered by IEC 62271-102.

Installation in enclosure, if any, is covered either by IEC 62271-200 or by IEC 62271-201.

### 1.2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For

---

<sup>1</sup> Numbers between brackets refer to the Bibliography.

undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60282-1:2009, *High-voltage fuses – Part 1: Current-limiting fuses*

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*

IEC 62271-102:2001, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC 62271-103:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-105:—, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV<sup>2</sup>*

IEC 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

## **2 Normal and special service conditions**

Clause 2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

## **3 Terms and definitions**

Clause 3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

### **3.1 General terms**

Subclause 3.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### **3.2 Assemblies of switchgear and controlgear**

Subclause 3.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### **3.3 Parts of assemblies**

Subclause 3.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### **3.4 Switching devices**

Subclause 3.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following additions.

---

<sup>2</sup> To be published.

**3.4.101****circuit-switcher**

mechanical switching device suitable for making, carrying and interrupting currents under normal circuit conditions and for interrupting specified fault currents that may be less than its short-time withstand current

Note 1 to entry: Other circuit-switchers exist; see reference [1].

**3.4.102****fused circuit-switcher**

device comprising a three-pole circuit-switcher and three current limiting fuses, capable of making and breaking any load or fault current up to its short-circuit breaking current, under TRV and power factor conditions defined in this standard

**3.4.103****fused circuit-switcher base  
device base**

fused circuit-switcher without fuse-links mounted

**3.5 Parts of switchgear and controlgear**

Subclause 3.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following additions.

**3.5.101****release**

device, mechanically connected to a mechanical switching device, which releases the holding means and permits the opening or the closing of the switching device

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-15-17]

**3.5.102****over-current release**

release which permits a mechanical switching device to open with or without time-delay when the current in the release exceeds a predetermined value

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-16-33]

**3.5.103****shunt release**

release energized by a source of voltage

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-16-41]

**3.6 Operation**

Subclause 3.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following additions.

**3.6.101****independent manual operation** (of the fused circuit-switcher)

stored energy operation where the energy originates from manual power, stored and released in one continuous operation, such that the speed and force of the operation are independent of the action of the operator

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-16-16]

**3.6.102****stored energy operation** (of the fused circuit-switcher)

operation by means of energy stored in the mechanism itself prior to the completion of the operation and sufficient to complete it under predetermined conditions

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-16-15]

### 3.7 Characteristic quantities

Subclause 3.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the following additions.

#### 3.7.101

**prospective current** (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)  
current that would flow in the circuit if each pole of the switching device or the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-01]

#### 3.7.102

**prospective peak current**

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

Note 1 to entry: The definition assumes that the current is made by an ideal switching device, i.e. with instantaneous transition from infinite to zero impedance. For circuits where the current can follow several different paths, e.g. polyphase circuits, it further assumes that the current is made simultaneously in all poles, even if only the current in one pole is considered.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-02]

#### 3.7.103

**maximum prospective peak current**

prospective peak current when initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

Note 1 to entry: For a multiple device in a polyphase circuit, the maximum prospective peak current refers to a single pole only.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-04]

#### 3.7.104

**prospective breaking current**

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

Note 1 to entry: Specifications concerning the instant of the initiation of the breaking process are to be found in the relevant publications. For mechanical switching devices or fuses, it is usually defined as the moment of initiation of the arc during the breaking process.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-06]

#### 3.7.105

**breaking current**

current in a pole of a switching device or in a fuse at the instant of initiation of the arc during a breaking process

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-07]

#### 3.7.106

**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

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-18-29]

#### 3.7.107

**short-circuit making capacity**

making capacity for which the prescribed conditions include a short circuit at the terminals of the switching device

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-10]

**3.7.108****take-over current**

current co-ordinate of the intersection between the time-current characteristics of two over-current protective devices

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-16]

**3.7.109****thermal current** $I_{th}$ 

maximum current carried continuously without the temperature rise of the various parts exceeding the limits specified

**3.7.110****fused short-circuit current**

conditional short-circuit current when the current limiting device is a fuse

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-21]

**3.7.111****applied voltage**

voltage which exists across the terminals of a pole of a switching device just before the making of the current

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-24]

**3.7.112****recovery voltage**

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

Note 1 to entry: 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.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-25]

**3.7.113****transient recovery voltage****TRV**

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

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

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

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-26]

**3.7.114****power frequency recovery voltage**

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-27]

**3.7.115****prospective transient recovery voltage**

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

Note 1 to entry: The definition assumes that the switching device or the fuse, for which the prospective transient recovery voltage is sought, is replaced by an ideal switching device, i.e. having instantaneous transition from zero to infinite impedance at the very instant of zero current, i.e. at the "natural" zero. For circuits where the current can

follow several different paths, e.g. a polyphase circuit, the definition further assumes that the breaking of the current by the ideal switching device takes place only in the pole considered.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-29]

### 3.7.116

**minimum opening time** (of the fused circuit-switcher)

minimum interval of time between the initiation of the opening, from an external source, and the first instant of the separation of the arcing contacts in any one pole

### 3.7.117

**fuse-initiated opening time** (of a fused circuit-switcher)

time taken from the instant at which arcing in the fuse commences to the instant when the arcing contacts have separated in all poles

Note 1 to entry: This definition applies only for fused circuit-switchers fitted with fuse-striker release.

## 3.101 Fuses

### 3.101.1

**fuse-base**

**fuse mount**

fixed part of a fuse provided with contacts and terminals

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-18-02]

### 3.101.2

**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

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-18-18]

### 3.101.3

**cut-off current**

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

Note 1 to entry: This concept is of particular importance when the switching device or the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-17-12]

### 3.101.4

$I^2t$

**Joule integral**

integral of the square of the current over a given time interval:

$$I^2t = \int_{t_2}^{t_1} i^2 dt$$

Note 1 to entry: The pre-arcing  $I^2t$  is the  $I^2t$  integral extended over the pre-arcing time of the fuse.

Note 2 to entry: The operating  $I^2t$  is the  $I^2t$  integral extended over the operating time of the fuse.

Note 3 to entry: The energy in joules liberated in one ohm of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the value of the operating  $I^2t$  expressed in A<sup>2</sup>s.

[SOURCE: IEC 60050-441: 2007, 441-18-23]

## 4 Ratings

Clause 4 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions and exceptions.

In addition to the ratings listed in IEC 62271-1:2007 the following ratings apply:

- a) rated short-circuit breaking current;
- b) rated transient recovery voltage;
- c) rated short-circuit making current;
- d) rated take-over current;
- e) rated maximal thermal current.

#### **4.1 Rated voltage ( $U_r$ )**

Subclause 4.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### **4.2 Rated insulation level**

Subclause 4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### **4.3 Rated frequency ( $f_r$ )**

Subclause 4.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

NOTE In some cases, the rated characteristics of a fused circuit-switcher when used on a 60 Hz system may be different from its rated characteristics when used on a 50 Hz system.

#### **4.4 Rated normal current and temperature rise**

##### **4.4.1 Rated normal current ( $I_r$ )**

Subclause 4.4.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

A rated normal current is normally not assigned to the fused circuit-switcher. When fused circuit-switchers are combined into larger enclosed assemblies, the rated normal current of the connecting busbars shall be in accordance with IEC 62271-200 or IEC 62271-201.

See also 4.4.101.

##### **4.4.2 Temperature rise**

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

As far as fuses are concerned, Clause 6 of IEC 60282-1: 2009 applies.

##### **4.4.101 Rated maximum thermal current ( $I_{th}$ )**

The rated maximum thermal current is the maximum value of the thermal current for the fused circuit-switcher.

It is not required that the thermal current is selected from the R10 series.

NOTE The actual thermal current depends on the fuses installed.

#### **4.5 Rated short-time withstand current ( $I_k$ )**

Subclause 4.5 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

#### **4.6 Rated peak withstand current ( $I_p$ )**

Subclause 4.6 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

#### 4.7 Rated duration of short circuit ( $t_k$ )

Subclause 4.7 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

#### 4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits ( $U_a$ )

Subclause 4.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### 4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

Subclause 4.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### 4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 4.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### 4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation

Subclause 4.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

##### 4.101 Rated short-circuit breaking current $I_{sc}$

The rated short-circuit breaking current is the highest prospective short-circuit current which the fused circuit-switcher shall be capable of breaking under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a power-frequency recovery voltage corresponding to the rated voltage of the fused circuit-switcher and having a prospective transient recovery voltage equal to the rated value specified in 4.102.

The rated short-circuit breaking current is expressed by the r.m.s. value of its a.c. component.

The rated short-circuit breaking currents shall be selected from the R10 series as follows:

8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 31,5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 kA

NOTE 1 It is recognized that the series impedance of the fused circuit-switcher or rapid operation of the fuse or fused circuit-switcher sometimes causes one or both of the following effects:

- a) a reduction of short-circuit current to a value appreciably below that which would otherwise be reached.
- b) such rapid operation that the short-circuit current wave is distorted from its normal form.

This is why the term "prospective current" is used when assessing breaking and making performances.

NOTE 2 The short-circuit breaking performance relies on the characteristics of the fuses installed; only fuses with rated maximum breaking current equal or higher than  $I_{sc}$  can be listed in the instruction manual of the fused circuit-switcher.

##### 4.102 Rated transient recovery voltage

The rated transient recovery voltage related to the rated short-circuit breaking current (in accordance with 4.101) is the reference voltage which constitutes the upper limit of the prospective transient recovery voltage of circuits which the fused circuit-switcher shall be capable of breaking in the event of a short circuit.

##### 4.103 Rated short-circuit making current

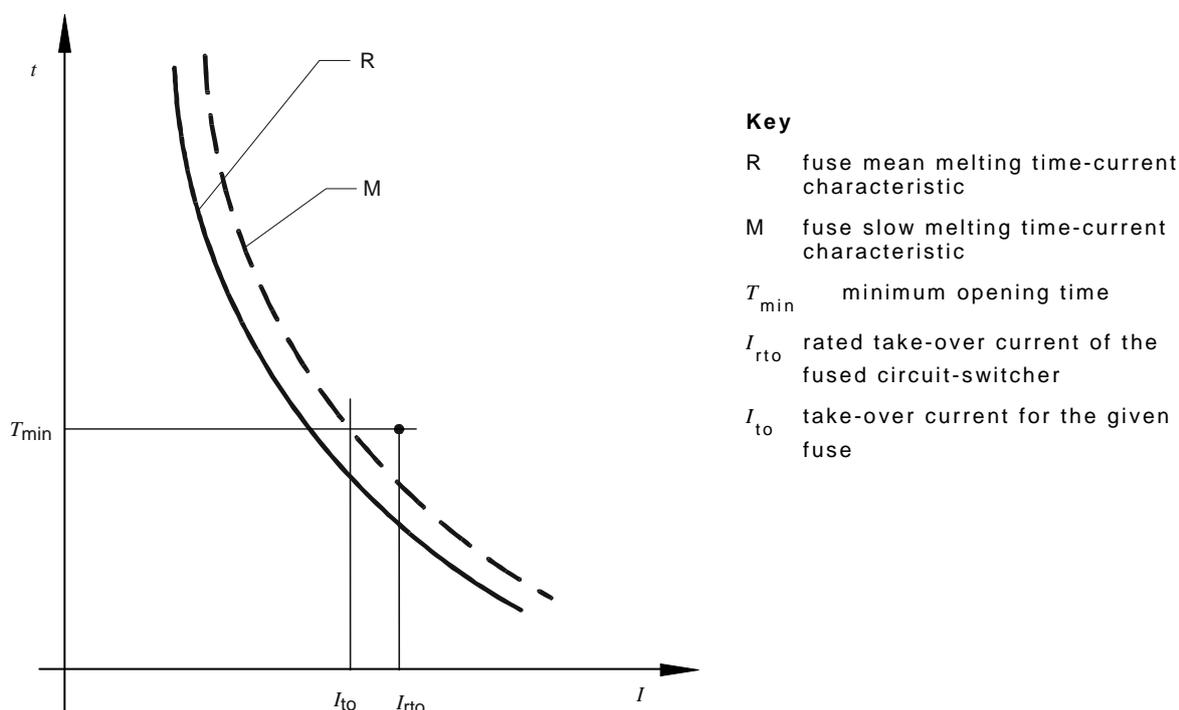
The rated short-circuit making current is the highest prospective peak current which the fused circuit-switcher shall be capable of making under the conditions of use and behaviour defined in this standard in a circuit having a power-frequency voltage corresponding to the rated voltage of the fused circuit-switcher. It shall be 2,5 times (50 Hz) or 2,6 (60 Hz) the value of the rated short-circuit breaking current.

NOTE See also notes in 4.101.

#### 4.104 Rated take-over current

The rated take-over current is the maximum r.m.s. value of the take-over current which the circuit-switcher in the fused circuit-switcher is able to interrupt under the conditions of use and behaviour prescribed in this standard in a circuit having a power-frequency recovery voltage corresponding to the rated voltage of the fused circuit-switcher and having a prospective transient recovery voltage equal to the value specified.

The rated value declared by the manufacturer shall be higher than the value of the take-over current, determined according to Figure 1, given by the fuses used to demonstrate the rated maximum thermal current.



IEC 1020/12

Figure 1 – Characteristics for determining the take-over current

## 5 Design and construction

### 5.1 Requirements for liquids in fused circuit-switchers

Subclause 5.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.2 Requirements for gases in fused circuit-switchers

Subclause 5.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.3 Earthing of fused circuit-switchers

Subclause 5.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.4 Auxiliary and control equipment

Subclause 5.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.5 Dependent power operation**

Subclause 5.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.6 Stored energy operation**

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)**

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.8 Operation of releases**

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.9 Low- and high- pressure interlocking and monitoring devices**

Subclause 5.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

**5.10 Nameplates**

Subclause 5.10 of IEC 62271-1:2007 applies with the following modification.

Table 1 in IEC 62271-1:2007 is replaced by the Table 1 below.

**Table 1 – Nameplate markings**

(1)	Abbreviation (2)	Unit (3)	Fused circuit-switcher (4)	Operating device (5)	Condition for marking required (6)
Manufacturer			X	Y	Only if not integral with the fused circuit-switcher and/or manufacturers are different
Type designation			X	Y	Only if not integral with the fused circuit-switcher and/or manufacturers are different
Instruction manual reference			X		
Serial number			X	(Y)	Required for operating device if different from those of the circuit-switcher
Year of manufacture			X		
Number of this standard			X		
Rated voltage	$U_r$	kV	X		
Rated lightning impulse withstand voltage	$U_p$	kV	X		
Rated frequency	$f_r$	Hz	X		
Rated maximum thermal current	$I_{th}$	A	X		
Acceptable fuse-links and thermal current with fuses			X		Mandatory marking: "Fuse-links: see instruction manual"
Rated gas pressure for operation	$P_{op}$	MPa		Y	When applicable
Rated supply voltage of auxiliary circuits	$U_a$	V		Y	When applicable
Temperature class			Y		Different from

(1)	Abbreviation (2)	Unit (3)	Fused circuit-switcher (4)	Operating device (5)	Condition for marking required (6)
					–5 °C indoor –25 °C outdoor
Insulating fluid and mass		kg	Y		When applicable
<p>X: The marking of these values is mandatory; blank spaces indicate zero values.</p> <p>Y: The marking of these values is mandatory, subject to the conditions in column (6).</p> <p>(Y): The marking of these values is optional and subject to the conditions in column (6).</p> <p>NOTE The abbreviations in column (2) are allowed instead of the terms in column (1). When the terms in column (1) are used, the word "rated" is optional.</p>					

### 5.11 Interlocking devices

Subclause 5.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.12 Position indication

Subclause 5.12 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.13 Degrees of protection by enclosures

Subclause 5.13 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.14 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 5.14 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.15 Gas and vacuum tightness

Subclause 5.15 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.16 Liquid tightness

Subclause 5.16 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.17 Fire hazard (flammability)

Subclause 5.17 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.18 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 5.18 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.19 X-ray emission

Subclause 5.19 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.20 Corrosion

Subclause 5.20 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### 5.101 Linkages between the fuse striker(s) and the circuit-switcher release

The linkages between the fuse striker(s), if any, and the circuit-switcher release shall be such that the circuit-switcher operates satisfactorily under both three-phase and single-phase fault conditions at the minimum and maximum requirements of a given type of striker (medium or heavy) irrespective of the method of striker operation (spring or explosive). The requirements for strikers are given in IEC 60282-1.

### 5.102 Low over-current conditions (long fuse pre-arcing time conditions)

Fused circuit-switcher equipped with fuse striker release shall be designed so that they will perform satisfactorily under any striker operation occurrence.

This is achieved by compliance with the following conditions a) and b):

a) Time coordination between circuit-switcher and fuse is provided by either 1), 2), or 3) below:

1) The fuse-initiated opening time of the circuit-switcher shall be shorter than the maximum arcing time that the fuse can withstand. This arcing time value is at least 0,1 s according to IEC 60282-1.

NOTE Tests are specified in 7.6.3 of IEC 60282-1:2009 in order to assess that the maximum arcing duration withstand of the fuses is at least 100 ms.

2) Where the fuse manufacturer can show that the fuse has been satisfactorily proven at all values of breaking current, from its rated short-circuit current down to the value equivalent to the minimum melting current of the fuse in the fused circuit-switcher (i.e. full range fuses), then the fuse-initiated opening time of the fused circuit-switcher is deemed not relevant.

3) Where it can be shown that the thermal release of the fuse striker makes the circuit-switcher clear the current before arcing in the fuse can occur, for all currents below  $I_3$  (minimum breaking current of the fuse according to IEC 60282-1).

b) Temperature rise under these conditions does not impair the performances of the fused circuit-switcher as proven by the test described in 6.104 of IEC 62271-105: —.<sup>3</sup>

## 6 Type tests

### 6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2007 is not applicable and is replaced as follows:

The purpose of type tests is to prove the characteristics of fused circuit-switchers, their operating devices and their operating equipment.

Type tests include:

- dielectric tests;
- temperature rise tests;
- measurement of the resistance of the main circuit;
- tests to prove the ability of the fused circuit-switcher to make and break the specified currents;
- tests to prove the satisfactory mechanical operation and endurance;
- verification of the degree of protection provided by enclosures;
- tightness tests;

<sup>3</sup> To be published.

– electromagnetic compatibility tests.

The fused circuit-switcher submitted for test shall be in new condition with clean contact parts and fitted with the appropriate fuses.

Fuses shall be in accordance with IEC 60282-1. Relevant tests are out of the scope of this standard.

#### **6.1.1 Grouping of tests**

Subclause 6.1.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### **6.1.2 Information for identification of specimens**

Subclause 6.1.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

#### **6.1.3 Information to be included in type-test reports**

Subclause 6.1.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

### **6.2 Dielectric tests**

Subclause 6.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

NOTE Choice of the fuse link is important, as the dimensions of the fuse link affect the dielectric properties. See also 6.103.1.

Partial discharge tests as specified in IEC 62271-1:2007, 6.2.9 are not required.

### **6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) test**

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

### **6.4 Measurement of the resistance of circuits**

Subclause 6.4 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following clarification:

Solid links of negligible resistance shall be used instead of fuses and the resistance of the links shall be recorded. The current during the measurement shall have any convenient value between 50 A and the rated maximum thermal current.

### **6.5 Temperature-rise tests**

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition:

The test shall be performed at the rated maximum thermal current, as determined by the manufacturer.

Fuses for the test shall be determined by the manufacturer and recorded in the test report.

### **6.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests**

Subclause 6.6 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

### **6.7 Verification of the protection**

Subclause 6.7 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

## 6.8 Tightness tests

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

## 6.9 Electromagnetic compatibility tests (EMC)

Subclause 6.9 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

## 6.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

Subclause 6.10 of IEC 62271-1:2007 is applicable for the auxiliary and control circuits involved in the operation of the circuit-switcher, as specified in this standard. Optional circuits are not in the scope of these tests.

## 6.11 X-radiation test procedure for vacuum interrupters

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

As this test is independent of the switching device, but only applied to the interrupters (vacuum bottles) alone as a component, the test results can be valid for several types of switching devices provided the type of interrupter is properly identified and the tested open gap spacing is equal or lower than used in the fused circuit-switcher.

### 6.101 Making and breaking tests

This test contains four duties:

- $TD_{I_{th}}$ : making and breaking tests at the rated maximum thermal current;
- $TD_{I_{sc}}$ : making and breaking tests at the rated short-circuit current;
- $TD_{I_{to}}$ : breaking test at the rated take-over current;
- $TD_{I_{low}}$ : breaking test at one third of the rated take-over current.

#### 6.101.1 Conditions for performing the tests

##### 6.101.1.1 Condition of the fused circuit-switcher before tests

The fused circuit-switcher under test shall be mounted complete on its own support or on an equivalent support. Its operating device shall be operated in the manner specified and, in particular, if it is electrically or pneumatically operated, it shall be operated at the minimum voltage or gas pressure respectively as specified in 4.8 and 4.10 of IEC 62271-1:2007, unless current chopping influences the test results. In the latter case, the fused circuit-switcher shall be operated at a voltage or gas pressure within the tolerances specified in 4.8 and 4.10 of IEC 62271-1:2007, chosen to obtain the highest contact speed at contact separation and maximum arc extinguishing properties.

It shall be shown that the fused circuit-switcher will operate satisfactorily under the above conditions on no-load.

Fused circuit-switchers with only manual operation may be operated by an arrangement provided for the purposes of making remote control possible.

Due consideration shall be given to the choice of the live side connections. When the fused circuit-switcher is intended for power supply from either side and the physical arrangement of one side of the break – or breaks – of the fused circuit-switcher differs from that of the other side, the live side of the test circuit shall be connected to that side of the fused circuit-switcher which gives the more onerous condition. In case of doubt, the test duty shall be repeated with the supply connections reversed, but for test duties comprising identical tests, one test shall be made with the supply connected to one side and the following test(s) with the supply connected to the other side.

The tests shall be carried out at the ambient temperature.

#### **6.101.1.2 Test frequency**

For limited fault current tests (test duties  $TD_{I_{TO}}$  and  $TD_{I_{LOW}}$ ), the test circuit frequency shall be according to requirements expressed in the IEC 62271-100 for test duties T30 and T10.

NOTE 1 In the referenced edition of IEC 62271-100, the requirement is expressed as "Circuit-breakers shall be tested at rated frequency with a tolerance of  $\pm 8\%$ . However, for convenience of testing, some deviations from the above tolerance are allowable; for example, when circuit-breakers rated at 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be exercised in the interpretation of the results, taking into account all significant facts such as the type of the circuit-breaker and the type of test performed".

For tests involving operation of the fuses alone (test duties  $TD_{I_{SC}}$ ), the test circuit frequency shall be according to requirements expressed in the IEC 60282-1 for equivalent test duty.

NOTE 2 In the referenced edition of IEC 60281-1, the requirement is expressed as "The test-circuit frequency shall be between 48 Hz and 62 Hz."

For load current tests (test duty  $TD_{I_{TH}}$ ), the test circuit frequency shall be according to requirements expressed in the IEC 62271-103 for the equivalent test duty.

NOTE 3 In the referenced edition of IEC 62271-103, the requirement is expressed as "Switches shall be tested at rated frequency, with a tolerance of  $\pm 8\%$ "

#### **6.101.1.3 Power factor**

The power factor of the test circuit shall be determined by measurement and shall be taken as the average of the power factors in each phase.

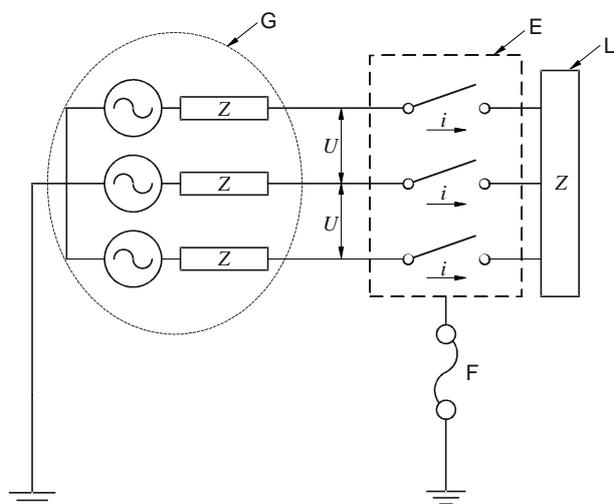
#### **6.101.1.4 Arrangement of test circuits**

For  $TD_{I_{TH}}$ , reference is made to three-phase test duty "TD<sub>load</sub> mainly active load current" of the IEC 62271-103; then, the test circuit illustrated in Figure 2a shall be used.

For other test duties, the test circuit illustrated in Figure 2b shall be used.

For fused circuit-switchers producing an emission of flame or metallic particles, the tests shall be made with metallic screens placed in the vicinity of the live parts, and separated from them by a clearance distance that the manufacturer shall specify.

The screens, frame and other normally earthed parts shall be insulated from earth but connected to earth through a copper wire of 0,1 mm diameter and 50 mm in length. This copper wire may also be connected to the secondary side of a 1:1 ratio current transformer. The terminal of the current transformer should be protected by a spark-gap or surge arrester. No significant leakage is assumed to have occurred if this wire is intact after the test.



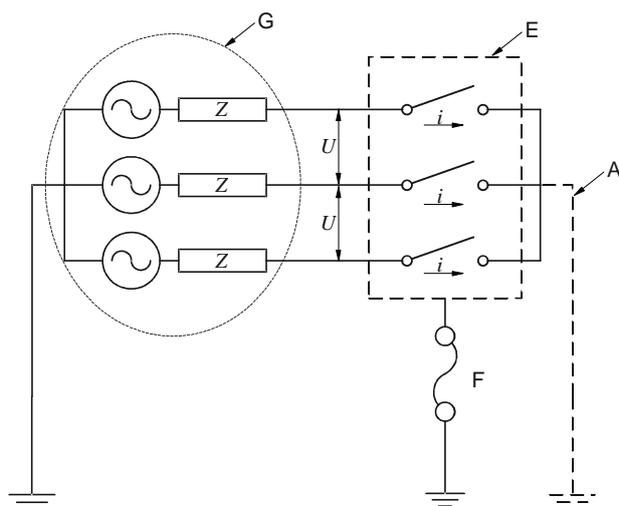
IEC 1021/12

Figure 2a – Test circuit with load

**Key**

- G Test power supply
- E Frame or enclosure of the fused circuit-switcher
- F Fuse to check the frame to earth leakage current
- L Load circuit

NOTE The load impedance neutral may be earthed as an alternate to the supply neutral



IEC 1022/12

Figure 2b – Test circuit with short-circuit point

**Key**

- A Alternate earth point if supply is not earthed
- G Test power supply
- E Frame or enclosure of the fused circuit-switcher
- F Fuse to check the frame to earth leakage current

Figure 2 – Arrangement of test circuits for test duties  $TD_{I_{th}}$ ,  $TD_{I_{sc}}$ ,  $TD_{I_{to}}$  and  $TD_{I_{low}}$

**6.101.1.5 Test voltage for breaking tests**

The test voltage is the average of the phase-to-phase voltages measured at the fused circuit-switcher location immediately after the breaking operation.

The voltage shall be measured as close as practicable to the terminals of the fused circuit-switcher, i.e. without appreciable impedance between the measuring point and the terminals.

The test voltage, in the case of three-phase tests, shall be, as nearly as possible, equal to the rated voltage of the fused circuit-switcher.

The tolerance on the average value is  $\pm 5\%$  of the specified value, and the tolerance on any phase to the average value is  $\pm 20\%$ .

#### **6.101.1.6 Power-frequency recovery voltage**

The power-frequency recovery voltage shall be maintained for at least 0,3 s after arc extinction.

#### **6.101.1.7 Applied voltage before fault making tests**

The applied voltage before the fault making tests of test duty  $TD_{ISC}$  is the r.m.s. value of the voltage at the pole terminals immediately before the test.

In the case of three-phase tests the average value of the applied voltages shall be not less than the rated voltage of the fused circuit-switcher divided by  $\sqrt{3}$  and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer.

The difference between the average value and the applied voltages of each phase shall not exceed 5 % of the average value.

#### **6.101.1.8 Breaking current**

For test duty  $TD_{Ith}$ , the test quantities refer to the " $TD_{load}$  mainly active load current" making and breaking tests of IEC 62271-103.

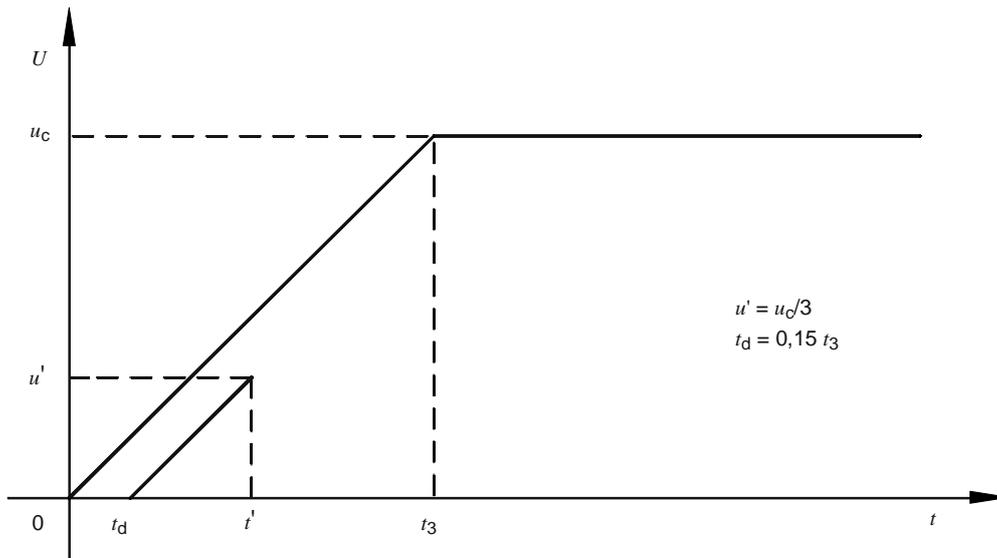
For test duties  $TD_{ISC}$ , the r.m.s. value of the a.c. component of the prospective short-circuit breaking current shall be measured one half-cycle after the initiation of the short-circuit in the prospective current test.

For test duties  $TD_{Ito}$  and  $TD_{Ilow}$  the breaking current shall be the r.m.s. value of the a.c. component measured at the initiation of arcing.

For test duties  $TD_{ISC}$ ,  $TD_{Ito}$  and  $TD_{Ilow}$  the r.m.s. value of the a.c. component of the breaking current in any pole shall not vary from the average by more than 10 % of the average.

#### **6.101.1.9 Transient recovery voltage**

For "mainly active load current", conditions of IEC 62271-103 apply. For high fault levels, TRVs defined in IEC 60282-1 apply. For reduced fault levels, TRVs defined in relevant test duties of IEC 62271-100 apply (see type tests duties  $TD_{Ito}$  and  $TD_{Ilow}$  of this standard). The parameters used for specifying the TRVs are illustrated in Figure 3.



IEC 1023/12

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

The prospective TRV of a test circuit shall be determined by such a method as will produce and measure the TRV wave without significantly influencing it and shall be measured at the terminals to which the device will be connected with all necessary test-measuring devices, such as voltage dividers, included. Suitable methods are described in Annex F of IEC 62271-100:2008.

For three-phase circuits, the transient recovery voltage refers to the first pole to clear, i.e. the voltage across one open pole with the other two poles closed, with the appropriate test circuit arranged in accordance with 6.101.1.4.

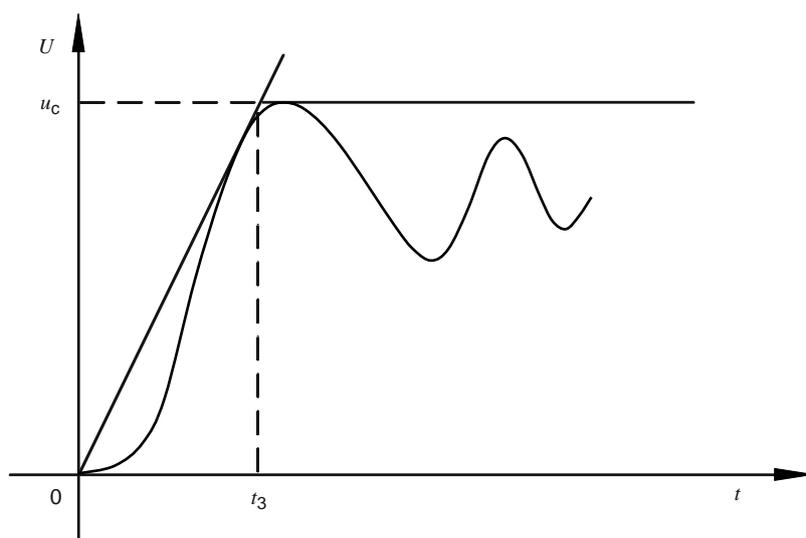
The prospective transient recovery voltage curve of a test circuit is represented by its envelope drawn as shown in Figure 4 and by its initial portion.

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

- a) its envelope shall at no time be below the specified reference line;

NOTE The extent by which the envelope exceeds the specified reference line requires the consent of the manufacturer.

- b) its initial portion shall not cross the delay line where such a one is specified.



IEC 1024/12

**Figure 4 – Example of a two parameters envelope for a TRV**

### 6.101.2 Test duty procedures

#### 6.101.2.1 Test duty $TD_{I_{th}}$ – Making and breaking tests at the rated maximum thermal current

The test is performed according to the test duty " $TD_{load}$  mainly active load current" of the IEC 62271-103. The class, as defined in IEC 62271-103, shall be E2. Fuses may be replaced by solid links of negligible impedance.

If the switching device used within the fused circuit-switcher has already been tested according to IEC 62271-103, class E2 or E3, with a rated mainly active load current higher than or equal to the rated maximum thermal current of the fused circuit-switcher, then the test duty  $TD_{I_{th}}$  may be omitted.

#### 6.101.2.2 Test duty $TD_{I_{sc}}$ – Making and breaking tests at the rated short-circuit current

This test duty is performed to demonstrate that the fused circuit-switcher is capable of making and withstanding the cut-off current of the fuse without damage at this current. The test shall be carried out with fuses fitted in all three poles of the fused circuit-switcher.

If striker operation is possible, fuses shall be fitted with strikers and the test shall demonstrate that the striker opens the fused circuit-switcher.

One break and then one make-break test shall be made in a three-phase circuit having prospective current equal to the rated short-circuit breaking current of the fused circuit-switcher with a tolerance of  $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$ .

The making instant on the voltage wave is not specified (i.e. random).

The test circuit shall be in accordance with 6.101.1.4 (Figure 2b applies).

The power factor of the test circuit shall be 0,07 to 0,15 lagging.

The applied voltage shall be in accordance with 6.101.1.7.

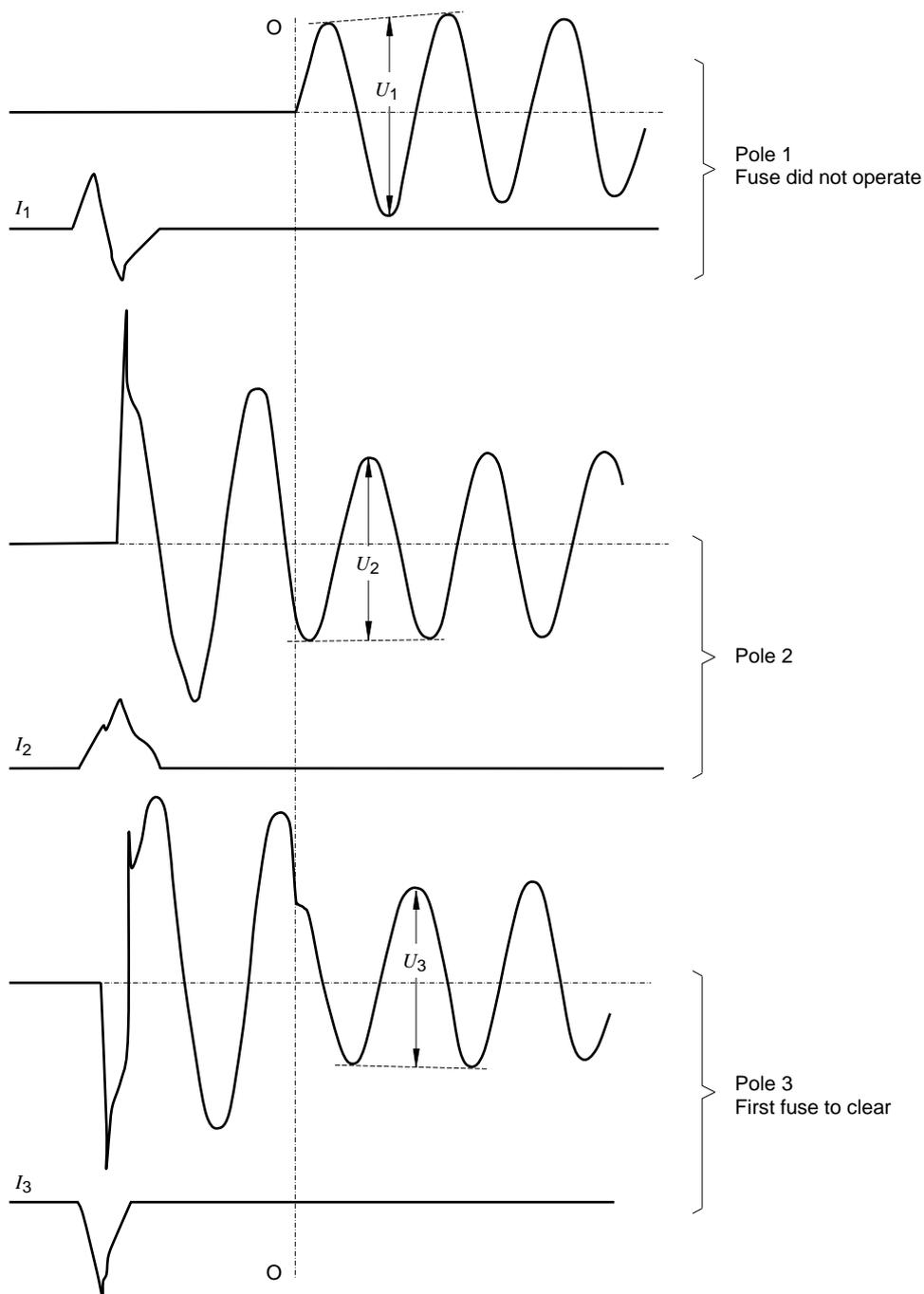
If striker operation is intended, the power frequency recovery voltage shall be determined as follows:

- the power frequency recovery voltage shall comply with 6.101.1.5;
- the power frequency recovery voltage shall be checked according to Figure 5.

If no striker operation is possible, it is expected that only two fuses are going to operate and no acceptance criterion is provided for the power frequency recovery voltage.

The prospective transient recovery voltage shall be in accordance with 4.102 and 6.101.1.9, meaning with reference to values provided in IEC 60282-1.

The first operation of the test duty shall be made with the initiation of arcing in the fuse in one of the outer poles in accordance with the provisions of test duty 1 of IEC 60282-1, i.e. within the range 65 electrical degrees to 90 electrical degrees after voltage zero in that pole.



IEC 1025/12

$U_1/2\sqrt{2}$  = Voltage of pole 1

$U_2/2\sqrt{2}$  = Voltage of pole 2

$U_3/2\sqrt{2}$  = Voltage of pole 3

OO – Instant of opening of  
mechanical switching device

$$\text{Average voltage of poles 1, 2 and 3} = \frac{U_1}{2\sqrt{2}} + \frac{U_2}{2\sqrt{2}} + \frac{U_3}{2\sqrt{2}}$$

**Figure 5 – Measurement of the power frequency recovery voltage with striker operation**

### 6.101.2.3 Test duty $TD_{I_{to}}$ – Breaking tests at the rated take-over current

This test duty is performed to prove the correct co-ordination between the release-operated circuit-switcher and fuses in the current region where the breaking duty is taken over from the fuses by the release-operated circuit-switcher.

Three break tests shall be made in a three-phase circuit, with the fuses in all three poles replaced by solid links of negligible impedance.

The opening instant of the poles on the current wave is not specified (i.e. random).

The test circuit shall be in accordance with 6.101.1.4 (Figure 2b applies).

The test current value is corresponding to the rated take-over current of the fused circuit-switcher, with a tolerance of  $^{+5}_0$  %.

The prospective TRV shall be in accordance with 4.102 and 6.101.1.9, with reference to the most severe values (highest peak value and shortest rise time) specified for test duty T30 of IEC 62271-100.

NOTE In the referenced edition of the IEC 62271-100, this requirement refers to Table 25 specifying TRVs for Class S2 circuit-breakers.

The power frequency recovery voltage shall be checked according to IEC 62271-100 relevant conditions.

#### **6.101.2.4 Test Duty TD<sub>low</sub> – Test at one third of the rated take-over current**

This test duty is performed to prove the correct operation of the circuit-switcher when tripped under fault conditions, in the current region below the melting curve of the fuses.

Three breaking tests shall be made in a three-phase circuit, with the fuses in all three poles replaced by solid links of negligible impedance.

The opening instant of the poles on the current wave is not specified (i.e. random).

The test circuit shall be in accordance with 6.101.1.4 (Figure 2b applies).

The test current shall be one third of the rated take-over current of the fused circuit-switcher with a tolerance of  $\pm 10$  %.

The prospective TRV shall be in accordance with 4.102 and 6.101.1.9, with reference to the most severe values specified for test duty T10 of IEC 62271-100.

NOTE In the referenced edition of the IEC 62271-100, this requirement refers to Table 25 specifying TRVs for Class S2 circuit-breakers.

The power frequency recovery voltage shall be checked according to IEC 62271-100 relevant conditions.

#### **6.101.2.5 Summary of test parameters**

A summary of the parameters to be used when performing test duties is given in Table 2.

Table 2 – Summary of test parameters for test duties

Test duty Subclause No	Circuit	Test Voltage	Tolerances	Test current	Tolerances	Test series	Power factor	TRV
TD <sub>th</sub> (6.101.2.1)	3-phase with load Figure 2a	$U_r$	±5 %	Rated maximum thermal current $I_{th}$ and $0,05 \times I_{th}$	+10 % 0	30 CO 20 CO	Load: $0,7 \pm 0,05$ lagging source: $<0,2$ lagging	See IEC 62271-103, TD <sub>load</sub>
TD <sub>isc</sub> (6.101.2.2)	3-phase Figure 2b	$U_r$	±5 %	Rated short-circuit breaking current	+5 % 0	O CO	0,07 to 0,15 lagging	See IEC 60282-1
TD <sub>lto</sub> (6.101.2.3)	3-phase Figure 2b	$U_r$	±5 %	Rated take-over current	+5 % 0	O O O	0,07 to 0,15 lagging	Most severe test conditions defined for T30 in IEC 62271-100
TD <sub>low</sub> (6.101.2.4)	3-phase Figure 2b	$U_r$	±5 %	One third of the rated take-over current	±10 %	O O O	0,07 to 0,15 lagging	Most severe test conditions defined for T10 in IEC 62271-100
NOTE 1 Tolerance on the frequency is ±10 % for all test duties.								
NOTE 2 Most severe test conditions for TRVs mean highest amplitude factor and shortest rise time.								

### 6.101.3 Behaviour of the fused circuit-switcher during tests

The fused circuit-switcher may be inspected but not reconditioned (apart from the replacement of fuses) between any of the test duties, which shall all be performed on one sample.

During operation, the fused circuit-switcher shall show neither signs of excessive distress nor phenomena that might endanger an operator.

From liquid-filled fused circuit-switchers there shall be no outward emission of flame, and the gases produced together with the liquid carried with the gases shall not be allowed to escape in such a way as to cause electrical breakdown.

For other types of fused circuit-switchers, flame or metallic particles such as might impair the insulation level of the fused circuit-switcher shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer.

No significant leakage current is assumed to have flowed if the fuse wire defined in 6.101.1.4 is intact after the test.

During test duty  $TD_{ISC}$ , a fused circuit-switcher fitted with strikers shall open following the action of the fuse strikers.

Non-sustained disruptive discharges may occur during the recovery voltage period following a breaking operation. However, their occurrence is not a sign of distress of the switching device under test and they do not pose any risk to a system in service. Therefore, their number is of no significance to interpreting the performance of the device under test. Where NSDDs are seen during normal testing they shall be reported in order to explain the irregularities in the recovery voltage.

After each test, all three fuses should be replaced regardless of whether, they have operated or not during the test.

In three-phase operations, one fuse and/or its striker may not have operated during tests. This is a normal and not unusual condition that will not invalidate acceptance of the test provided that the fuse did not receive external damage in any way.

### 6.101.4 Condition of the apparatus after tests

After tests, fuses shall comply with the requirements of 5.1.3 of IEC 60282-1:2009.

After performing each test duty:

- a) the mechanical function and the insulators of the fused circuit-switcher shall be practically in the same condition as before the tests. There may be deposits on the insulators caused by the decomposition of the arc-extinguishing medium;
- b) the fused circuit-switcher shall, without reconditioning, be capable of maintaining its insulating properties;
- c) for those fused circuit-switchers which incorporate a disconnecter function, the isolating properties of the disconnecter in the open position shall not be reduced below those specified by deterioration of insulating parts in the vicinity of, or parallel to, the isolating distance. The requirements for disconnectors in 6.2.11 of IEC 62271-102: 2001 shall be fulfilled;
- d) the fused circuit-switcher shall be capable of carrying its thermal current continuously after renewal of fuses.

Visual inspection and no-load operation of the fused circuit-switcher after tests are usually sufficient for checking the above requirements.

In case of doubt on the ability of the fused circuit-switcher to meet the conditions of 6.101.4 b), it shall be subjected to the relevant power-frequency voltage withstand tests in accordance with subclause 6.2.11 of IEC 62271-1:2007. For fused circuit-switchers with sealed for life interrupters, the condition checking test is mandatory unless the sealed interrupter may be disassembled or open for the purposes of inspection.

In case of doubt as to the capability of the fused circuit-switcher, where applicable, to meet the conditions of 6.101.4 c), it shall be subjected to the relevant power-frequency voltage withstand tests in accordance with 6.2.11 of IEC 62271-1:2007. For fused circuit-switchers with sealed for life interrupters, the condition checking test is mandatory unless the sealed interrupter may be disassembled or open for the purpose of inspection.

In case of doubt on the capability of the fused circuit-switcher, where applicable, to meet the conditions of 6.101.4 d), the requirement is considered to be met if one of the following criteria is satisfied:

- 1) visual inspection of the main contacts shows evidence of their good condition;  
or, if impracticable or unsatisfying,
- 2) the resistance measured, as close as possible to the main contacts, and according to the procedure of 6.4.1 of IEC 62271-1:2007 does not exhibit an increase of more than 20 % compared with resistance measured before the test. Before measurement of contact resistance, 10 no-load operations may be done,  
or, if the condition of 2) is not satisfied:
- 3) a test under rated maximum thermal current demonstrates that no thermal runaway occurs, by monitoring the temperature at the points where resistance measurement were made until stabilization (variation less than 1K per hour). During this test, no other temperature measurement is made inside of the switching device. If stabilization cannot be obtained, then the condition check has failed and the fused circuit-switcher is considered to have failed the test duty as well.

## **6.102 Mechanical operation tests**

The fused circuit-switcher should be mounted on its own support and its operating mechanism shall be operated in the specified manner. Unless otherwise specified, the tests may be made at any convenient ambient air temperature.

The supply voltage of the operating device shall be measured at the terminals during operation of the switch. Auxiliary equipment forming part of the operating device shall be included. Impedance shall not be added between the supply and the terminals of the device for regulation of the applied voltage.

For manually operated fused circuit-switchers, the handle may, for convenience of testing, be replaced by an external power device where the operating force is equivalent to that for operation with a manual handle.

The mechanical operation tests shall consist of 1 000 operating cycles without voltage on, or current in, the main circuit.

A fused circuit-switcher having a power-operating device shall be subjected to the following tests:

- 900 closing and opening operations at rated supply voltage and/or rated pressure of compressed gas supply;
- 50 closing and opening operations at the specified minimum supply voltage and/or minimum pressure of compressed gas supply;
- 50 closing and opening operations at the specified maximum supply voltage and/or maximum pressure of compressed gas supply.

For a fused circuit-switcher fitted with striker tripping linkages, additional tests of the trip linkages shall be performed as follows:

- a) To test the mechanical reliability of the linkages between the fuse striker(s) and the switchgear release, a total of 100 opening operations shall be made, of which 90 shall be made (30 in each pole) with one striker of minimum energy and 10 with three strikers of maximum energy operating simultaneously. During the tests, measurement of the opening time of the fused circuit-switcher is performed to check the requirement of 5.102 a) 1). After performing this test duty, the mechanical functioning of the trip linkages shall be practically the same as before the tests.
- b) Using a dummy fuse-link with extended striker, set to the minimum actual travel within the tolerance specified in IEC 60282-1, for each pole in turn it shall be shown that the fused circuit-switcher either cannot be closed or cannot remain closed according to its design.

For the purpose of these tests, a device simulating fuse striker operation may be used.

#### **6.102.1 Condition of fused circuit-switcher during and after mechanical operation tests**

The fully closed and fully open positions shall be attained during each operating cycle. The fused circuit-switcher shall be in such a condition that it is capable of operating normally, making, carrying and breaking its rated maximum thermal current. Satisfactory operation of operating devices, of control and auxiliary contacts, and of position-indicating devices (if any), shall be verified during the test.

A tightness test shall be performed, if applicable, before and after the mechanical operation test according to 6.8 of IEC 62271-1:2007. Lubrication in accordance with the manufacturer's instructions is permissible during the test, but mechanical adjustments are not permitted.

After the tests, all parts shall be in good condition and shall not show excessive wear.

#### **6.102.2 Condition of the fuses during and after mechanical operation tests**

During the test given in 6.102, three fuses shall be fitted in the poles of the fused circuit-switcher. Cold resistance shall be measured before and after the tests.

After performing this (these) test duty (duties), the fuses shall show neither signs of mechanical damage nor significant change in resistance. They shall not have become displaced in their contacts.

NOTE A change of resistance larger than the accuracy of the measuring procedure should be considered as significant.

### **6.103 Extension of validity of type tests**

#### **6.103.1 Dielectric properties**

The dielectric properties may be affected when using other diameters than that of the tested fuse. Extension of validity is restricted to fuses with same overall dimensions.

#### **6.103.2 Temperature rise**

The compliance with temperature rise tests of the fused circuit-switcher made of the fused circuit-switcher base and the proposed fuse type (referred to as X) demonstrates the compliance of any fused circuit-switcher made of the same fused circuit-switcher base fitted with other fuse type, at the associated thermal current of this new fused circuit-switcher ( $I_{th \text{ fused circuit-switcher}}$ ), provided that the four criteria below are fulfilled:

- the fuses have the same length as the fuse X;
- the fuses have rated current lower than, or equal to, those of the fuses X;

- the fuses have a value of the dissipated power (according to the IEC 60282-1) lower than, or equal to those of the fuses X;
- the de-rating of the fuses within the fused circuit-switcher ( $I_{th \text{ fused circuit-switcher}} / I_{r \text{ fuse}}$ ) is lower than, or equal to those of the fuses X.

As compliance with the above criteria already includes safety margins, the diameter of the fuses needs not to be considered.

On request of the manufacturer, other temperature rise tests may be performed, with different fuse types providing other thermal current values lower than the rated maximum thermal current, in order to provide further possibilities in the fuse selection criteria.

### 6.103.3 Making and breaking

Compliance with this standard is also be achieved by alternative untested or partially tested fused circuit-switchers made of the fused circuit-switcher base and fuses, provided that the following conditions are met:

- a) any fuse considered shall comply with its standard (IEC 60282-1);
- b) the same type of striker (if used) must be fitted i.e. medium or heavy in accordance with IEC 60282-1;
- c) the alternative type of fuse is such that the cut-off current and operating  $I^2t$  of the alternative type, as established by test duty 1 of IEC 60282-1, are not greater than those of the tested type similarly established.

## 7 Routine tests

Clause 7 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

### 7.101 Mechanical operating tests

Operating tests shall be carried out to ensure that fused circuit-switchers comply with the prescribed operating conditions within the specified voltage and supply pressure limits of their operating devices.

During these tests, it shall be verified, in particular, that the fused circuit-switchers open and close correctly when their operating devices are energized or under pressure. It shall also be verified that operation will not cause any damage to the fused circuit-switchers. Tests may be made without fuses.

For all fused circuit-switchers the following test shall be carried out, where applicable:

- a) under the conditions of 6.102 with the action of one fuse striker of minimum energy simulated: one opening operation on each phase;
- b) at the specified maximum supply voltage and/or the maximum pressure of the compressed gas supply: five closing and opening operations;
- c) at the specified minimum supply voltage and/or the minimum pressure of the compressed gas supply: five closing and opening operations;
- d) if a fused circuit-switcher can be operated by hand as well as by its normal electric or pneumatic operating device: five manual closing and opening operations;
- e) for manually operated fused circuit-switchers only: ten closing and opening operations;
- f) at rated supply voltage and/or rated pressure of the compressed gas supply: five closing and opening operations with a tripping circuit energized by the closing of the main contacts.

The tests a), b), c), d), e) and f) shall be made without current passing through the main circuit.

NOTE During test according to f), the current of the tripping circuit, flowing through the main contacts, is considered to be negligible.

During all the foregoing routine tests, no adjustments shall be made and the operations shall be faultless. The closed and open positions shall be attained during each operation on tests a), b), c), d) and e).

After the tests, the fused circuit-switcher shall be examined to determine that no parts have suffered damage.

## **8 Guide for the selection of fused circuit-switchers**

### **8.1 Selection of rated values**

Subclause 8.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable

### **8.2 Continuous or temporary overload due to changed service conditions**

Subclause 8.2 of IEC 62271-1:2007 is not applicable.

#### **8.101 Additional criteria**

The objective of this subclause and the following subclauses is to specify criteria for the selection of a fused circuit-switcher which will assure correct performance, using the parameter values established by tests in accordance with IEC 60282-1 and this standard.

All applications of fused circuit-switchers may be covered using the highest fuse current rating proposed, with or without strikers, and an appropriate means of over-current tripping. However, the user may decide to use fuses with lower ratings. The following subclauses provide information that may be used to make the proper choice.

Additional information for the co-ordination of high-voltage fuses with other circuit components in transformer applications, and guidance for the selection of such fuses with particular reference to their time-current characteristics and ratings is given in IEC/TR 60787 [2].

Usage similar to that of switch-fuse combinations can be achieved by employing fused circuit-switchers fitted with a striker release and without any other tripping device. Fused circuit-switchers generally provide a higher rated take-over current than those of a switch-fuse combination, and are not limited by the transfer current. However, the user should be aware of the possibility of overheating and unpredictable behaviour if sustained conditions occur with current above the thermal current and below the minimum breaking current of the fuses. In such applications it is preferable to use a fuse with means of thermal limitation.

It is anticipated the manufacturer will perform the type tests with back-up fuses. In the case where the type tests have been carried out on the circuit-switcher using full range fuses, any use of back-up fuses may require additional verification. Such verification should be subject to agreement between the manufacturer and user.

#### **8.102 Short-circuit breaking current**

The short-circuit breaking current of a fused circuit-switcher should not be less than the maximum expected r.m.s. symmetrical fault current level of the point in the distribution system at which the fused circuit-switcher is to be located.

The short-circuit breaking capacity is largely determined by that of the fuses. According to fuses installed, the actual short-circuit breaking capacity of the fused circuit-switcher could be lower than the rated value.

### 8.103 Rated maximum thermal current

The rated maximum thermal current of a fused circuit-switcher is assigned by the manufacturer and verified by the temperature-rise test. The actual thermal current depends on the fuses installed and should be determined by application of the rules stated in 8.107. It may have to be reduced where the ambient temperature in service exceeds that specified under normal conditions in Clause 2.

NOTE Reference is made to IEC 60282-1 where a comment is made on the rated current of fuses and its selection, and on how it may be affected by the mounting of the fuses in an enclosure.

### 8.104 Currents between thermal current and $I_3$ of the fuses

The current  $I_3$  is defined for fuses in IEC 60282-1 as the minimum breaking current.

For any current between thermal current and  $I_3$  of the fuses, protection can only be provided by external tripping means, such as an over-current relay or an over-temperature relay.

Striker action, either actuated by over-current conditions or over-temperature conditions, may provide a tripping order. If so, the circuit-switcher will be able to clear the current.

### 8.105 Transfer current

The transfer current, defined when the tripping action is provided by means of strikers, does not provide any additional requirement for a fused circuit-switcher above those already covered by this standard. A complete explanation is provided in Annex A.

### 8.106 Take-over current

The value of the take-over current of a fused circuit-switcher is dependent upon both the minimum opening time of the circuit-switcher and the time-current characteristic of the fuse. As its name implies, it is the value of over-current above which the fuses take over the function of current interruption from the tripping device and circuit-switcher.

Proper fuse selection ensures that the take-over current is smaller than the rated take-over current of the fused circuit-switcher (see 3.7.108, 4.104 and the test conditions given in 6.101.2.3). From a practical point of view, it has to be checked that the maximum melting curve of the selected fuses is placed on the left hand side of the point defined by the rated take-over current and the minimum opening time of the circuit-switcher (see Figure 1). This condition ensures that, in case of external relaying, faults currents higher than the rated take-over current will be cleared by the fuses alone. As the values of fault currents lower than the rated take-over current can be cleared by the circuit-switcher, the full range of fault current values is therefore covered. Detailed analysis is provided in Annex A.

The TRV specified for the take-over current type test may not cover the situation of a bolted short-circuit on the secondary side of a MV-LV transformer, if the type of transformer and the MV connections provide a very low capacitance. In such a situation with low capacitance, the performance should be specified according to the special test duty T30 documented in Annex M of IEC 62271-100:2008, and relevant TRVs as listed in Table M.1 of the same standard.

### 8.107 Extension of the validity of type tests

It may be impractical to test a fused circuit-switcher with fuses of various current ratings and/or manufacturers. However, the principles on which the validity of the making, breaking and temperature rise tests may be extended are expressed in this standard.

Rules for extension are provided in 6.103 for the relevant type tests.

The satisfactory performance of the mechanical tests, including a high number of operations with the same fuse samples installed, provides sufficient evidence for justifying the use of fuses other than those tested without further mechanical testing.

### **8.108 Operation**

The three fuses fitted in a given fused circuit-switcher should be of the same type and current rating, otherwise the breaking performance of the fused circuit-switcher could be adversely affected.

It is vital, for the correct operation of the fused circuit-switcher, that the fuses are inserted with the strikers, if any, in the correct orientation.

When a fused circuit-switcher has operated as a result of a three-phase fault, it is possible for:

- a) only two out of the three fuses to have operated;
- b) all three fuses to have operated but for only two out of the three strikers to have ejected.

Such partial operation of one fuse can occur under three-phase service conditions and is not to be considered abnormal.

All three fuses should be discarded and replaced if the fuse(s) in one or two poles of a fused circuit-switcher has have operated, unless it is definitely known that no over-current has passed through the un-melted fuse(s).

Before removing or replacing fuses, the operator should satisfy himself that the fuse-mount is electrically disconnected from all parts of the fused circuit-switcher which could still be electrically energized. This is especially important when the fuse-mount is not visibly isolated.

Where a fused circuit-switcher has operated without any obvious signs of a fault on the system, examination of the operated fuse or fuses, if any, as well as indications which could be provided by tripping devices, may give an indication on the type of fault current and its approximate value.

In case of a tripping operation initiated without melting any fuse, a proper cold resistance measurement of the fuses is the minimal precaution before putting them back in service. If a relay is able to provide information on the fault level and the fault duration, the resulting point should be at least 20 % below the minimum melting curve of the fuses to consider they can still be maintained in service.

### **8.109 Comparison of performances of fused circuit-switchers with performances of switch-fuse combinations and circuit-breakers**

Fused circuit-switchers provide performances intermediate between switch-fuse combination (according to IEC 62271-105) and circuit-breakers (according to IEC 62271-100). Tables 3 and 4 give comparison for the main features.

**Table 3 – Comparison between switch-fuse combination and fused circuit-switcher**

	Switch-fuse combination	Fused circuit-switcher
Correct operation range	Between melting current and $I_{\text{transf}}$ according to TRV, and above $I_{\text{transf}}$ in any case (see note)	Full
Protection settings	Choice of fuse	External device
Strikers	Basic	Optional
Transfer current	Relevant, and limiting applications	Not relevant
Take-over current	Relevant, if tripping unit	Basic
NOTE On transformer protection applications, the expected TRVs below $I_{\text{transf}}$ are usually compatible with switch specifications.		

**Table 4 – Comparison between fused circuit-switcher and circuit breaker**

	Fused circuit-switcher	Circuit-breaker
Correct operation range	Full	Full
Protection settings	External device	External device
Strikers	Optional	Not relevant
Take-over current	Basic	Not relevant
Fault current limitation	YES	NO
Reclosing capability	NO, if fuse operates	YES, at any current

## 9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

### 9.1 Information to be given with enquiries and orders

Subclause 9.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions.

In addition to the information listed for the relevant component standard, the inquirer should identify the limit of supply, for example, if the fused circuit-switcher described is to include the fuse links.

### 9.2 Information to be given with tenders

Subclause 9.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions.

In addition to that defined for the relevant component standard, the manufacturer should give, apart from the rated values, the instruction manual including at least the following information:

- a) the type of fuses used in the device when demonstrating the performances;
- b) filling fluid (type and amount), when applicable;
- c) the relevant information, concerning the fuses mentioned above, for the extension of the type test validity, i.e.:
  - length (6.5);
  - maximum rating current (6.5);
  - rated dissipated power (6.5);
  - de-rating (6.5);
  - operating Joule integral (6.101.2.2);

- cut-off current (6.101.2.2).

## **10 Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance**

Clause 10 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

High-voltage fuses, although robust in external appearance, may have fuse-elements of relatively fragile construction. Fuses should, therefore, be kept in their protective packaging until ready for installation and should be handled with the same degree of care as a relay, meter or other similar item. Where fuses are already fitted in a fused circuit-switcher, they should be temporarily removed while the unit is installed.

## **11 Safety**

Clause 11 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

## **12 Influence of the product on the environment**

Clause 12 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following addition.

Any known chemical and environmental impact hazards should be identified in the fused circuit-switcher handbook/manual.

## Annex A (informative)

### Applicability of the rated take-over current test duty

#### A.1 Problem formulation

This standard for fused circuit-switchers does not consider a type test to verify the "transfer current breaking capacity", as in the fuse-switch combination standard.

The fault breaking capacity of the circuit-switcher alone is demonstrated as a take-over current by a three-phase test at rated voltage in the test conditions of T30 (IEC 62271-100). The test current is the rated take-over current  $I_{rto}$ . It is required in 4.104 that the rated take-over current ensures the proper breaking capability with any fuse providing melting characteristics lower than those of the fuses used to demonstrate the rated maximum thermal current.

Calculations proposed in this annex use the assumption of a non-effectively earthed neutral system. Such an assumption leads to consider that the current in the two remaining phases is reduced after a first fuse cleared, possibly extending the melting duration of the remaining fuses. Under such an assumption, it could be feared that the two remaining phases should be cleared by the circuit-switcher with conditions not clearly addressed by the standard.

The purpose of this annex is to review the extent of applications that this take-over current test covers, considering the characteristics of the fuses and protection relays used in the fused circuit-switcher.

When an effectively earthed neutral system is used, then, after a first fuse cleared the fault, the current in the two remaining phases could keep the value of the three phase fault. Under such a condition, the requirement expressed in 4.104 ensures that the fuses will melt before the circuit-switcher can be opened by any tripping device. There is no reason for concern.

#### A.2 Background

In this standard, the take-over current performance is demonstrated on a three-phase fault current, with a three-phase breaking capacity test. It is required that the maximum fuse melting time-current characteristic is kept below the point (rated take-over current  $I_{rto}$  / minimum opening time  $T_m$ ).

Take-over current is defined by the IEC without considering differences between melting characteristics of the three fuses. The demonstrated rated value  $I_{rto}$  is based on the slowest acceptable fuse characteristic. The second phases clear  $0,866 \times I_{rto}$ .

In IEC 62271-105, the transfer current  $I_{transfer}$  is defined as the current at which, under striker operation, the breaking duty is transferred from the fuses to the switch. This occurs when, after the melting of a first fuse, the switch opens under striker operation before, or at the same time as, the melting of the second fuse, there being an inevitable difference between the melting times of fuses. A knowledge of this difference,  $\Delta T$ , between the melting times of fuses permits comparison between it and the striker-initiated opening time of the switch.

If introducing the possibility of fuses with different characteristics, then one can consider a fault current, higher than the rated take-over current, which would lead to a first fuse to melt (on a fast curve) and then second fuses melting with an additional delay such that a relay could have tripped the circuit-switcher before. This situation is not covered by the type test. Second phases could be cleared by the circuit-switcher with a current higher than  $0,866 \times I_{rto}$ .

Technical developments in this annex investigate the limits of such situation.

### A.3 Terms, definitions and symbols

For the purposes of this annex, the terms, definitions and symbols apply.

$I_{rto}$  rated three-phase take-over current; it is also the fault-breaking capacity of the circuit-switcher as demonstrated by the type test

$I_p$  prospective three-phase short-circuit current corresponding to a particular application

$I_1$  short-circuit current in the three phases, before interruption in the first pole

$I_2$  short-circuit current in the second and third pole after interruption in the first pole

NOTE  $I_1 = I_p$  and  $I_2 = I_p \times \sqrt{3}/2$ .

$I_{sup}$  the current above which there is no required delay time for the protection relays

$Am$  application margin factor: ratio between the rated three phase take-over current of the circuit-switcher and the maximum fuse melting current of the fuses for a time equal to the minimum opening time of the circuit-switcher (see Figure A.1)

$T_m$  minimum opening time of the circuit-switcher

$t_r$  minimum protection operating time – it may depend on the value of the prospective current (protection curve) – if several protections are installed (maximum current relay, differential relay, Buchholz relay, arc detection device), the operating time of the fastest protection is considered

$t_1$  pre-arcing time of the first fuse to melt (first pole) when the current is not interrupted by the circuit-switcher

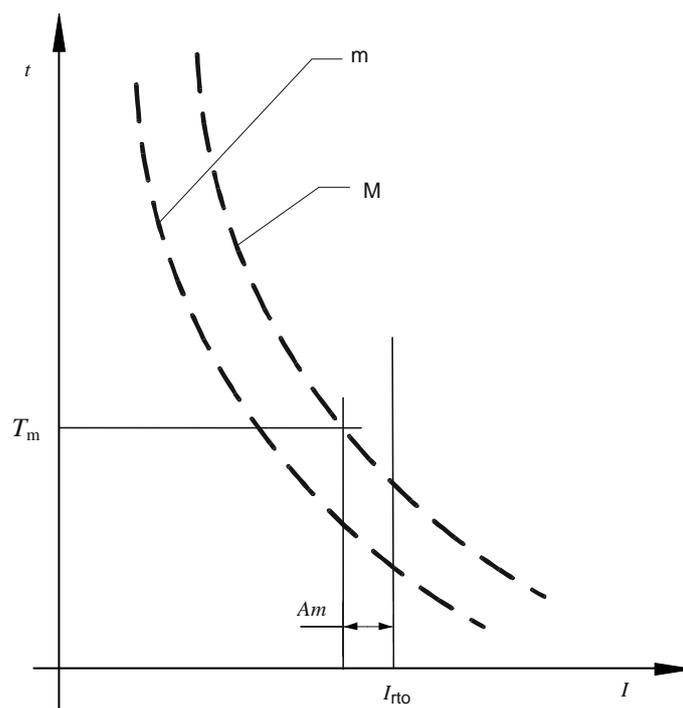
$t_2$  pre-arcing time of the second fuse to melt (second pole) when the current is not interrupted by the circuit-switcher

$\alpha$  slope coefficient of the pre-arcing time/current characteristic of the fuses

$C$  parameter of the pre-arcing time/current characteristic of the fuses

$x$  current margin between the slowest and fastest fuse characteristics

NOTE Parameters  $\alpha$ ,  $C$  and  $x$  are those used in IEC 62271-105.



IEC 1026/12

**Key**

M fuse slow melting time-current characteristic

m fuse fast melting time-current characteristic

**Figure A.1 – Visualization of the application margin for a given fuse****A.4 Assumptions about the fuse melting process****A.4.1 General**

Assumptions are the same as those used in IEC 62271-105.

**A.4.2 First phase**

In the zone of interest, a straight line in a log-log diagram approximates the pre-arcing time/current characteristic of the fuse, then for the fast fuse:

$$I_1^\alpha \times t_1 = C \quad (\text{A.1})$$

where

$I_1$  is the r.m.s value of the prospective current;

$t_1$  is the pre-arcing time on the "fast" fuse characteristic.

**A.4.3 Second phase**

The two other fuses have a slower characteristic; the melting current is augmented by a factor  $(1+x)$ ; so the pre-arcing characteristic is

$$[I/(1+x)]^\alpha \times t = C$$

but the current is equal to  $I_1$  in the period  $[0, t_1]$  and to  $I_2$  in the period  $[t_1, t_2]$ ;  $t_2$  being the final melting time of the fuse 2.

NOTE This is conservative since the fact the current does not fall immediately from  $I_1$  to  $I_2$  when arcing initiated in the first fuse is disregarded; this leads to an over-estimation of  $t_2$ .

It is assumed that the melting process of the second fuse is governed by the equation:

$$[I_1/(1+x)]^\alpha \times t_1 + [I_2/(1+x)]^\alpha \times (t_2 - t_1) = C \quad (\text{A.2})$$

#### A.4.4 Modelling of the “application margin”

By definition, 
$$[(I_{\text{rto}} / Am)/(1+x)]^\alpha \times T_m = C \quad (\text{A.3})$$

This makes a link between the rated take-over current of the circuit-switcher ( $I_{\text{rto}}$ ) and the fuse characteristics.

### A.5 Mathematical expression of the application requirements

#### A.5.1 General

Given a particular prospective current, here it is determined in which conditions the duties of the first and second poles to clear are covered by the type test. The practical analysis and synthesis of these mathematical conditions is made in the next clause.

#### A.5.2 First pole-to-clear

Any current larger than  $I_{\text{rto}}$  shall be interrupted by the fuse and not by the circuit-switcher: the sum of minimum opening time and the minimum protection operating time shall be higher than the arcing time of a slow fuse (maximum arcing time characteristic of the fuses).

$$T_m + t_r(I_p) \geq C \times [I_p/(1+x)]^\alpha \text{ for } I_p > I_{\text{rto}} \quad (\text{A.4})$$

Since  $t_r(I_p)$  is necessarily  $\geq 0$ , a sufficient condition is that the relation is already satisfied with  $t_r = 0$ . Then, using equation (A.3) to make the link with the “application margin” ( $Am$ ), the condition becomes:

$$T_m \geq T_m / Am^\alpha \quad (\text{A.5})$$

that is true for  $Am \geq 1$  (which is mandatory).

#### A.5.3 Second pole-to-clear

##### A.5.3.1 General

The current cleared by the second pole should not be larger than  $I_{\text{rto}} \times \sqrt{3}/2$  since this is the current cleared in the second pole-to-clear during the type test. The limiting case is when the prospective current is such that arcing in the second fuse begins at the moment of contact separation in the circuit-switcher.

Two cases are to be considered.

##### A.5.3.2 Opening of the circuit-switcher triggered by the fuse striker

The limiting case corresponds to:

$$T_m = t_2 - t_1 \quad (\text{A.6})$$

This is when the maximum extra time needed by the second fuse for melting is equal to the opening time of the circuit-switcher: arcing begins simultaneously in the second fuse and in the circuit-switcher. If the prospective current is smaller than the one corresponding to this situation, the circuit-switcher might have to interrupt the current on the second pole. This is no problem if this situation is covered by the type test, that is, if the prospective current corresponding to the limiting case is smaller than the demonstrated interrupting capability of the circuit-switcher ( $I_{rto}$ ).

Using and combining formulas (A.1), (A.2), (A.3), (A.5) and (A.6), one obtains in the limiting case,

$$\frac{I_p}{I_{rto}} = \frac{1}{Am} \times \frac{[(1+x)^\alpha - 1]^{1/\alpha}}{0,866 \times (1+x)} \text{ should be } \leq 1 \quad (\text{A.7})$$

NOTE 0,866 =  $\sqrt{3}/2$ .

### A.5.3.3 Opening of the circuit-switcher triggered by a protection relay

The limiting case is when:

$$T_m + t_r = t_2 \quad (\text{A.8})$$

This is when the maximum total time needed by the second fuse for melting is equal to the opening time of the circuit-switcher, augmented by the protection operating time since the opening is triggered by the protection; then, arcing begins simultaneously in the second fuse and in the circuit-switcher.

If the relay has a time dependent curve, both members of formula (A.8) depend on the prospective current  $I_p$ . Therefore, one has to verify that it is on the safe side for any prospective current of concern.

$$T_m + t_r(I_p) \geq t_2(I_p) \quad (\text{A.9})$$

The condition (A.9) shall be checked within a narrow range of prospective currents:

- Lower limit: for prospective currents smaller than  $I_{rto}$ , there is no problem because the case is covered by the type test.
- Upper limit: since  $t_r(I_p)$  is necessarily non negative and also because  $t_2(I_p)$  is a decreasing function of  $I_p$ , the condition (A.9) is automatically verified for prospective currents higher than the prospective current corresponding to:

$$T_m = t_2(I_p).$$

This current is called  $I_{sup}$ .

Since  $t_r(I_p)$  and  $t_2(I_p)$  are both decreasing functions of  $I_p$ , a sufficient condition is that

$$t_r(I_{sup}) \geq t_2(I_{to}) - T_m \quad (\text{A.10})$$

Note that if  $I_{sup} < I_{rto}$ , the condition (A.10) is always verified.

Formula (A.10) is the key formula for the application: it determines the minimum protection operating time in order to cover the application.

One needs to express the relationship  $t_2(I_p)$ :

Using (A.1) and (A.2) one obtains:

$$t_2 = \frac{C}{I_p^\alpha} \times \left\{ \left[ \frac{(1+x)^{\alpha-1}}{0,866^\alpha} \right] + 1 \right\} \quad (A.11)$$

This equation can be particularized for finding  $I_{sup}$ , expressing that for this value of the prospective current,  $t_2 = T_m$  and using (A.3) to make the link with the application margin  $Am$ :

$$\frac{I_{sup}}{I_{rto}} = \frac{1}{Am \times (1+x)} \times \left[ \frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,866^\alpha} + 1 \right]^{1/\alpha} \quad (A.12)$$

Finally, using formula (A.3) relating  $I_{rto}$  with  $C$  and  $T_m$ , one derives the formula that will be of practical use to calculate the minimum protection operating time in the range  $[I_{rto}, I_{sup}]$

$$t_r \geq T_m \times \left\{ \frac{1}{Am^\alpha \times (1+x)^\alpha} \times \left[ 1 + \frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,866^\alpha} \right] - 1 \right\} \quad (A.13)$$

It can be seen in this equation that increasing the application margin factor ( $Am$ ) may relieve the need for having a time delay on the protection.

## A.6 Analysis

### A.6.1 Applications with fuse strikers

If the fused circuit-switcher is equipped with fuse striker-tripping mechanisms, the condition (A.7) should be verified.

Provided the minimum opening time  $T_{min}$  stated in 4.104 considers the striker operation mode, the application margin is  $\geq 1$  for any fused circuit-switcher (mandatory from 4.104).

**Table A.1 – Minimum application margin  $Am$  according to fuse characteristic**

$Am$	$\alpha$			
	5	4	3	2
$x$				
0,30	1,084	1,037	0,943	0,738
0,20	1,042	0,980	0,866	0,638
0,15	1,006	0,934	0,808	0,570
0,10	0,951	0,866	0,726	0,481
0,05	0,850	0,749	0,594	0,352

From (A.7), one can derive a minimum application margin as a function of the fuse characteristics  $x$  and  $\alpha$ . See Table A.1.

It can be seen that an application margin factor of 1 is sufficient.

As a reminder, conditions used for the transfer current in IEC 62271-105 (switch-fuse combinations) are  $x$  equal to 0,13 and  $\alpha$  equal to 4. Such conditions are therefore covered in this standard without dedicated type test.

### A.6.2 Applications with protection relays

Conditions (A.4) and (A.13) apply.

Condition (A.13) allows for the definition of the minimum protection time delay as a function of the application margin, for specific values of the fuse characteristics; see Table A.2.

**Table A.2 – Minimum protection time delay**

Row	Min $t_r/T_m$	$Am$	$x$	$\alpha$
1	3,111	0,75	0,13	4
2	0,301	1,00	0,13	4
3	-0,008	1,07	0,13	4
4	0,403	1,00	0,2	4
5	-0,006	1,09	0,2	4

The first row illustrates that application margin factors  $< 1$  would need a dedicated time delay to ensure correct performance.

The requirement of this standard for  $Am \geq 1$  clears this point. By this, condition (A.4) is also verified.

For usual applications:

- with  $Am = 1$ , one can see (rows 2 and 4) that a protection time delay, up to  $0,5 T_m$ , should be required to ensure complete coverage of the cases studied here;
- with  $Am \geq 1,1$ , there is no more need for a specific protection time delay.

Current range for which the protection operating time is necessary: relation (A.12) provides  $I_{sup}/I_{rto}$  for the case  $Am = 1$ , for typical fuse characteristics. See Table A.3.

**Table A.3 – Examples of possible need for time delay**

Row	$I_{sup}/I_{rto}$	$Am$	$x$	$\alpha$
1	1,068	1,00	0,13	4
2	1,082	1,00	0,13	5
3	1,088	1,00	0,2	4
4	1,139	1,00	0,5	5

One observes that, if the minimum protection operating time applies in the current range from 100 % up to 120 % of the rated take-over current of the circuit-switcher, there is no need for an application margin  $> 1$ .

## **A.7 Conclusions**

The transfer current, as defined for combinations, is covered in this standard by the rated take-over current and the associated type test.

When using high rating fuses, with curves very close to the maximum allowed in the fused circuit-switcher, some minimum operating time, up to half the minimum opening time of the circuit-switcher, may be needed on the protection chain to prevent exceptional situations from occurring.

## Bibliography

- [1] IEEE C37.016 *IEEE Standard for AC High Voltage Circuit Switchers rated 15.5 kV through 245 kV.*
  - [2] IEC/TR 60787, *Application guide for the selection of high-voltage current-limiting fuse-links for transformer circuits*
  - [3] IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)
-

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	51
1 Généralités.....	53
1.1 Domaine d'application.....	53
1.2 Références normatives .....	54
2 Conditions normales et spéciales de service .....	54
3 Termes et définitions .....	54
3.1 Termes généraux.....	54
3.2 Ensembles d'appareillage .....	54
3.3 Parties d'ensemble .....	54
3.4 Appareils de connexion .....	55
3.5 Parties d'appareillage .....	55
3.6 Exploitation.....	55
3.7 Grandeurs caractéristiques .....	56
3.101 Fusibles.....	58
4 Caractéristiques assignées.....	59
4.1 Tension assignée ( $U_r$ ).....	59
4.2 Niveau d'isolement assigné .....	59
4.3 Fréquence assignée ( $f_r$ ) .....	59
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement .....	59
4.4.1 Courant assigné en service continu ( $I_r$ ).....	59
4.4.2 Échauffement .....	59
4.4.101 Courant thermique maximal assigné ( $I_{th}$ ) .....	59
4.5 Courant de courte durée admissible assigné ( $I_k$ ) .....	60
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné ( $I_p$ ) .....	60
4.7 Durée de court-circuit assignée ( $t_k$ ) .....	60
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande ( $U_a$ ) .....	60
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires .....	60
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue .....	60
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manoeuvre.....	60
4.101 Pouvoir de coupure en court-circuit assigné $I_{SC}$ .....	60
4.102 Tension transitoire de rétablissement assignée .....	61
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit .....	61
4.104 Courant d'intersection assigné.....	61
5 Conception et construction .....	62
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les circuits-switchers fusibles .....	62
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les circuits-switchers fusibles .....	62
5.3 Raccordement à la terre des circuits-switchers fusibles .....	62
5.4 Équipement auxiliaire et de commande.....	62
5.5 Manoeuvre dépendante à source d'énergie extérieure.....	62
5.6 Manoeuvre à accumulation d'énergie .....	62
5.7 Manoeuvre indépendante manuelle ou manoeuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manoeuvre indépendante sans accrochage mécanique).....	62

5.8	Fonctionnement des déclencheurs.....	62
5.9	Dispositifs de verrouillage et de surveillance haute et basse pression .....	62
5.10	Plaques signalétiques.....	62
5.11	Dispositifs de verrouillage.....	63
5.12	Indicateur de position .....	63
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes.....	63
5.14	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur .....	64
5.15	Étanchéité au gaz et au vide.....	64
5.16	Étanchéité au liquide .....	64
5.17	Risque de feu (Inflammabilité) .....	64
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM) .....	64
5.19	Emission de rayons X .....	64
5.20	Corrosion.....	64
5.101	Tringlages entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur du circuit-switcher fusible .....	64
5.102	Conditions de faible courant de défaut (conditions de longue durée de pré-arc des fusibles) .....	64
6	Essais de type.....	65
6.1	Généralités.....	65
6.1.1	Groupement des essais .....	65
6.1.2	Informations pour l'identification des spécimens d'essai.....	65
6.1.3	Information à inclure dans les rapports d'essais de type .....	65
6.2	Essais diélectriques.....	65
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique .....	66
6.4	Mesurage de la résistance des circuits .....	66
6.5	Essais d'échauffement.....	66
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible.....	66
6.7	Vérification de la protection .....	66
6.8	Essais d'étanchéité.....	66
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM).....	66
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande .....	66
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide .....	66
6.101	Essais d'établissement et de coupure .....	67
6.101.1	Conditions pour la réalisation des essais .....	67
6.101.2	Procédures d'essai.....	71
6.101.3	Comportement du circuit-switcher fusible pendant les essais .....	77
6.101.4	État de l'appareil après les essais.....	77
6.102	Essais de fonctionnement mécanique .....	78
6.102.1	État du circuit-switcher fusible pendant et après les essais de fonctionnement mécanique .....	79
6.102.2	État des fusibles pendant et après les essais de fonctionnement mécanique .....	79
6.103	Extension de la validité des essais de type .....	79
6.103.1	Propriétés diélectriques .....	79
6.103.2	Échauffement.....	80
6.103.3	Établissement et coupure.....	80
7	Essais individuels de série .....	80
7.101	Essais de fonctionnement mécanique .....	80
8	Guide pour le choix des circuits-switchers fusibles .....	81

8.1	Choix des valeurs assignées .....	81
8.2	Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service .....	81
8.101	Critères additionnels .....	81
8.102	Pouvoir de coupure en court-circuit .....	82
8.103	Courant thermique maximal assigné .....	82
8.104	Courants entre le courant thermique et le courant $I_3$ des fusibles .....	82
8.105	Courant de transition .....	82
8.106	Courant d'intersection .....	82
8.107	Extension de la validité des essais de type .....	83
8.108	Exploitation .....	83
8.109	Comparaison des performances des circuit-switchers fusibles avec les performances des combinés interrupteurs-fusibles et des disjoncteurs .....	84
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes .....	84
9.1	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes .....	84
9.2	Renseignements à donner dans les soumissions .....	84
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance .....	85
11	Sécurité .....	85
12	Influence du produit sur l'environnement .....	85
Annexe A (informative) Applicabilité de la séquence d'essais au courant d'intersection assigné .....		86
Bibliographie .....		94
Figure 1 – Caractéristiques pour déterminer le courant d'intersection .....		61
Figure 2 – Arrangement des circuits d'essais pour les séries d'essais $TD_{I_{th}}$ , $TD_{I_{sc}}$ , $TD_{I_{to}}$ et $TD_{I_{low}}$ .....		69
Figure 3 – Représentation d'une TTR spécifiée par une enveloppe de référence à deux paramètres et un retard .....		70
Figure 4 – Exemple d'enveloppe à deux paramètres pour une TTR .....		71
Figure 5 – Mesurage de la tension rétablie à fréquence industrielle avec action de perceur .....		73
Figure A.1 – Visualisation de la marge applicative pour un fusible donné .....		88
Tableau 1 – Plaque signalétique .....		63
Tableau 2 – Résumé des paramètres d'essais pour les séquences d'essais .....		76
Tableau 3 – Comparaison entre combiné interrupteur-fusibles et circuit-switcher fusible .....		84
Tableau 4 – Comparaison entre un circuit-switcher fusible et un disjoncteur .....		84
Tableau A.1 – Marge applicative minimale $A_m$ selon les caractéristiques des fusibles .....		91
Tableau A.2 – Temps de fonctionnement minimal du relais .....		92
Tableau A.3 – Exemples de besoins possibles de temporisation .....		93

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

**Partie 107: Circuits-switchers fusibles pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus**

## AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62271-107 a été établie par le sous-comité 17A: Appareillage à haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

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

- la référence à la CEI 60694 a été remplacée par la CEI 62271-1;
  - De nouveaux articles et paragraphes de la CEI 62271-1 ont été ajoutés et une nouvelle terminologie a été proposée lorsque nécessaire.
  - 4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manoeuvre

- 5.19 Emission de rayons X
  - 5.20 Corrosion
  - 6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande
  - 6.11 Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide
  - 12 Influence du produit sur l'environnement
- les références normatives ont été mises à jour: CEI 60265-1 en CEI 62271-103, CEI 60787 en CEI/TR 60787, CEI 60466 en CEI 62271-201, et CEI/TR 60787 a été déplacée dans la bibliographie;
  - les figures et les tableaux ont été placés à l'endroit où ils sont cités en premier dans le document;
  - la numérotation des figures et des tableaux a été modifiée afin d'obtenir l'ordre convenable;
  - la définition de la (décharge disruptive non entretenue (NSDD) a été supprimée. Cette définition est incluse dans la CEI 62271-1;
  - les critères d'acceptation ont été alignés avec le 6.101.4 de la CEI 62271-103:2011;
  - regroupement sous le 6.103 des diverses dispositions exprimées concernant "l'extension de la validité des essais de type". Certaines des règles étaient dupliquées dans les Articles 6 et 8 et il semble plus approprié de ne traiter dans chaque paragraphe que l'essai de type à effectuer. Les conditions n'ont pas été modifiées, mais la terminologie est plus claire;
  - nouvelle numérotation des paragraphes des Articles 8 et 9 pour éviter les conflits avec les articles de la CEI 62271-1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/997/FDIS	17A/1004/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.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 62271-1:2007, à laquelle elle se réfère et qui est applicable sauf indication contraire. Afin de simplifier l'indication des exigences correspondantes, la numérotation des articles et paragraphes utilisée est la même que celle de la CEI 62271-1. Les amendements à ces articles et paragraphes reprennent la même numérotation, et les paragraphes supplémentaires sont numérotés à partir de 101.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62271, présentée sous le titre général *Appareillage 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 stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

## APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

### Partie 107: Circuits-switchers fusibles pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus

## 1 Généralités

### 1.1 Domaine d'application

Le paragraphe 1.1 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable, et est remplacé comme suit.

La présente partie de la CEI 62271 s'applique aux appareils à manœuvre tripolaire pour les réseaux de distribution, qui sont des ensembles fonctionnels constitués d'un circuit-switcher et de fusibles limiteurs, conçus de façon à être capables:

- de couper, à la tension de rétablissement assignée, tout courant de charge ou de défaut jusqu'au pouvoir de coupure en court-circuit assigné y compris;
- d'établir, à la tension assignée, les circuits pour lesquels le courant de court-circuit assigné s'applique.

Ils sont prévus pour être utilisés sur des circuits ou des applications ne demandant qu'une endurance mécanique et électrique normale. De telles applications couvrent la protection des transformateurs HT/BT par exemple, mais excluent les circuits de distribution en lignes ou en câbles ainsi que les circuits de moteurs et de bancs de condensateurs.

Les conditions de défaut de court-circuit avec de faibles courants, jusqu'au courant d'intersection assigné du circuit-switcher fusible, sont gérées par des dispositifs complémentaires (percuteurs, relais, etc.), correctement mis en œuvre, déclenchant le circuit-switcher. Les fusibles sont intégrés de manière à assurer que le pouvoir de coupure en court-circuit du dispositif est supérieur à celui du circuit-switcher.

NOTE 1 Dans cette norme, le mot "fusible" est utilisé pour désigner soit le fusible, soit l'élément de remplacement, quand le sens général du texte ne comporte aucune ambiguïté.

Cette norme s'applique aux circuits-switchers fusibles conçus avec des tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV, pour utilisation sur des réseaux alternatifs triphasés de fréquence 50 Hz ou 60 Hz. Une comparaison avec d'autres dispositifs de manœuvre existants est fournie dans l'Article 8.

NOTE 2 Il existe d'autres circuits-switchers; voir [1]<sup>1</sup>.

Les dispositifs qui requièrent une manœuvre manuelle dépendante ne sont pas couverts par la présente norme.

Les fusibles sont couverts par la CEI 60282-1.

Les sectionneurs de terre faisant partie intégrale d'un circuit-switcher sont couverts par la CEI 62271-102.

L'installation sous enveloppe, le cas échéant, est couverte soit par la CEI 62271-200, soit par la CEI 62271-201.

---

<sup>1</sup> Les nombres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

## 1.2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60282-1:2009, *Fusibles à haute tension – Partie 1: Fusibles limiteurs de courant*

CEI 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

CEI 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

CEI 62271-102 :2001, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

CEI 62271-103:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 103: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 62271-105:—, *Appareillage à haute tension – Partie 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus*<sup>2</sup>

CEI 62271-200, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 62271-201, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

## 2 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

## 3 Termes et définitions

L'Article 3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

### 3.1 Termes généraux

Le paragraphe 3.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 3.2 Ensembles d'appareillage

Le paragraphe 3.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 3.3 Parties d'ensemble

Le paragraphe 3.3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

---

<sup>2</sup> A publier.

### 3.4 Appareils de connexion

Le paragraphe 3.4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

#### 3.4.101

##### **circuit-switcher**

dispositif de manœuvre mécanique adapté pour établir, supporter et interrompre des courants dans des conditions normales de réseaux et pour interrompre des courants de défaut spécifiés qui peuvent être inférieurs à son courant de courte durée admissible

Note 1 à l'article: Il existe d'autres circuits-switchers; voir [1].

#### 3.4.102

##### **circuit-switcher fusible**

dispositif comprenant un circuit-switcher tripolaire et trois fusibles limiteurs, capable d'établir et d'interrompre tout courant de charge ou de défaut jusqu'à son pouvoir de coupure en court-circuit assigné, dans les conditions de TTR et de facteur de puissance définies dans cette norme

#### 3.4.103

##### **socle d'un circuit-switcher fusible**

circuit-switcher fusible sans les éléments de remplacement installés

### 3.5 Parties d'appareillage

Le paragraphe 3.5 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

#### 3.5.101

##### **déclencheur**

dispositif raccordé mécaniquement à un appareil mécanique de connexion dont il libère les organes de retenue et qui permet l'ouverture ou la fermeture de l'appareil

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-15-17]

#### 3.5.102

##### **déclencheur à maximum de courant**

déclencheur qui permet l'ouverture, avec ou sans retard, d'un appareil mécanique de connexion, lorsque le courant dans le déclencheur dépasse une valeur prédéterminée

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-16-33]

#### 3.5.103

##### **déclencheur shunt**

déclencheur alimenté par une source de tension

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-16-41]

### 3.6 Exploitation

Le paragraphe 3.6 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

#### 3.6.101

##### **manœuvre indépendante manuelle** (d'un circuit-switcher fusible)

manœuvre à accumulation d'énergie dans laquelle l'énergie provient de l'énergie manuelle accumulée et libérée en une seule manœuvre continue, de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre sont indépendantes de l'action de l'opérateur

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-16-16]

### **3.6.102**

#### **manœuvre à accumulation d'énergie** (d'un circuit-switcher fusible)

manœuvre effectuée au moyen d'énergie emmagasinée dans le mécanisme lui-même avant l'achèvement de la manœuvre et suffisante pour achever la manœuvre dans des conditions prédéterminées

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-16-15]

## **3.7 Grandeurs caractéristiques**

Le paragraphe 3.7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

### **3.7.101**

#### **courant présumé** (d'un circuit, et par référence à un dispositif de manœuvre ou un fusible)

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

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-01]

### **3.7.102**

#### **crête de courant présumé**

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

Note 1 à l'article: 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.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-02]

### **3.7.103**

#### **valeur maximale de crête du courant présumé**

valeur de crête du courant présumé quand l'établissement du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus grande valeur possible

Note 1 à l'article: Pour un appareil multipolaire dans un circuit polyphasé, la valeur maximale de crête du courant présumé ne se rapporte qu'à un seul pôle.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-04]

### **3.7.104**

#### **courant coupé présumé**

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

Note 1 à l'article: Des spécifications concernant l'instant du début du phénomène de coupure sont données dans les publications particulières. Pour les appareils mécaniques de connexion ou les fusibles, cet instant est habituellement choisi comme l'instant du début d'un arc au cours d'une coupure.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-06]

### **3.7.105**

#### **courant coupé**

courant dans un pôle d'un appareil de connexion ou dans un fusible évalué à l'instant de l'amorçage de l'arc au cours d'une coupure

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-07]

### **3.7.106**

#### **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

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-18-29]

**3.7.107****pouvoir de fermeture en court-circuit**

un pouvoir de fermeture pour lequel les conditions prescrites comprennent un court-circuit aux bornes de l'appareil de connexion

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-10]

**3.7.108****courant d'intersection**

valeur du courant correspondant à l'intersection des caractéristiques temps-courant de deux dispositifs de protection à maximum de courant

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-16]

**3.7.109****courant thermique**

$I_{th}$

courant maximal supporté de manière continue sans que les échauffements des différentes parties ne dépassent les limites spécifiées

**3.7.110****courant de court-circuit avec fusible**

courant de court-circuit conditionnel lorsque l'appareil limiteur de courant est un fusible

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-21]

**3.7.111****tension appliquée**

tension qui existe entre les bornes d'un pôle d'un appareil de connexion immédiatement avant l'établissement du courant

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-24]

**3.7.112****tension de rétablissement**

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

Note 1 à l'article: 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.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-25]

**3.7.113****tension transitoire de rétablissement**

**TTR**

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

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

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

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-26]

**3.7.114****tension de rétablissement à fréquence industrielle**

tension de rétablissement après la disparition des phénomènes transitoires de tension

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-27]

### 3.7.115

#### **tension transitoire de rétablissement présumée**

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

Note 1 à l'article: La définition implique que l'appareil de connexion ou le fusible, pour lequel la tension transitoire de rétablissement est recherchée, est remplacé par un appareil de connexion idéal, c'est-à-dire dont l'impédance passe instantanément de la valeur zéro à la valeur infinie à l'instant du zéro de courant, c'est-à-dire au zéro "naturel". Pour des circuits ayant plusieurs voies, par exemple un circuit polyphasé, on suppose en outre que la coupure du courant par l'appareil de connexion idéal n'a lieu que sur le pôle considéré.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-29]

### 3.7.116

#### **durée minimale d'ouverture** (d'un circuit-switcher fusible)

intervalle de temps minimal entre l'initiation de l'ouverture, par un dispositif externe, et le premier instant de séparation des contacts d'arc dans l'un quelconque des pôles

### 3.7.117

#### **durée minimale d'ouverture** (d'un circuit-switcher fusible) **initiée par un fusible**

durée prise entre l'instant où l'arc commence dans le fusible et l'instant où les contacts d'arc se sont séparés dans tous les pôles

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique uniquement pour les circuits-switchers fusibles équipés de déclenchement par percuteurs.

## 3.101 Fusibles

### 3.101.1

#### **socle**

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

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-18-02]

### 3.101.2

#### **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

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-18-18]

### 3.101.3

#### **courant coupé limité**

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

Note 1 à l'article: Cette notion est d'importance particulière si l'appareil de connexion ou le fusible fonctionne de telle manière que la valeur de crête du courant présumé du circuit n'est pas atteinte.

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-17-12]

### 3.101.4

#### **$I^2t$**

#### **intégrale de Joule**

intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné:

$$I^2t = \int_{t_2}^{t_1} i^2 dt$$

Note 1 à l'article: L'  $I^2t$  de préarc est l'intégrale  $I^2t$  pour la durée de préarc du fusible.

Note 2 à l'article: L'  $I^2t$  de fonctionnement est l'intégrale  $I^2t$  pour la durée de fonctionnement du fusible.

Note 3 à l'article: L'énergie en joules libérée dans une portion ayant une résistance de un ohm d'un circuit protégé par un fusible est égale à la valeur de  $I^2t$  de fonctionnement exprimée en  $A^2 \cdot s$ .

[SOURCE: CEI 60050-441: 2007, 441-18-23]

## 4 Caractéristiques assignées

L'Article 4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants et les exceptions suivantes:

En complément des caractéristiques assignées énumérées dans la CEI 62271-1:2007, les caractéristiques assignées ci-dessous s'appliquent:

- a) pouvoir de coupure en court-circuit assigné;
- b) tension de rétablissement assignée;
- c) pouvoir de fermeture assigné;
- d) courant d'intersection assigné;
- e) courant thermique maximal assigné.

### 4.1 Tension assignée ( $U_r$ )

Le paragraphe 4.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 4.2 Niveau d'isolement assigné

Le paragraphe 4.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 4.3 Fréquence assignée ( $f_r$ )

Le paragraphe 4.3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

NOTE Dans quelques cas, les caractéristiques assignées d'un circuit-switcher fusible utilisé à 60 Hz peuvent être différentes de ses caractéristiques assignées à 50 Hz.

### 4.4 Courant assigné en service continu et échauffement

#### 4.4.1 Courant assigné en service continu ( $I_r$ )

Le paragraphe 4.4.1 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

Normalement, il n'y a pas de courant assigné en service continu pour un circuit-switcher fusible. Quand des circuits-switchers fusibles sont installés au sein d'ensembles sous enveloppe plus larges, le courant assigné en service continu du jeu de barres commun doit être conforme à la CEI 62271-200 ou à la CEI 62271-201.

Voir aussi 4.4.101.

#### 4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant

En ce qui concerne les fusibles, l'Article 6 de la CEI 60282-1:2009 s'applique.

##### 4.4.101 Courant thermique maximal assigné ( $I_{th}$ )

Le courant thermique maximal assigné est la valeur maximale du courant thermique pour le circuit-switcher fusible.

Il n'est pas nécessaire que la valeur du courant thermique soit prise dans la série R10.

NOTE Le courant thermique réel dépend des fusibles installés.

#### **4.5 Courant de courte durée admissible assigné ( $I_k$ )**

Le paragraphe 4.5 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

#### **4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné ( $I_p$ )**

Le paragraphe 4.6 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

#### **4.7 Durée de court-circuit assignée ( $t_k$ )**

Le paragraphe 4.7 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

#### **4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, et des circuits auxiliaires et de commande ( $U_a$ )**

Le paragraphe 4.8 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires**

Le paragraphe 4.9 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue**

Le paragraphe 4.10 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manoeuvre**

Le paragraphe 4.11 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **4.101 Pouvoir de coupure en court-circuit assigné $I_{sc}$**

Le pouvoir de coupure en court-circuit assigné est le courant de court-circuit présumé le plus élevé que le circuit-switcher fusible doit être capable de couper dans les conditions d'utilisation et de comportement prescrites dans cette norme dans un circuit ayant une tension de rétablissement à fréquence industrielle correspondant à la tension assignée du circuit-switcher fusible et ayant une tension transitoire de rétablissement présumée égale à la valeur assignée spécifiée en 4.102.

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est exprimé par la valeur efficace de la composante alternative.

Les pouvoirs de coupure assignés doivent être sélectionnés dans la série R10 comme suit:

8 – 10 – 12,5 – 16 – 20 – 25 – 31,5 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 kA

NOTE 1 Il est reconnu que l'impédance série du circuit-switcher fusible ou l'intervention rapide des fusibles ou du circuit-switcher fusible donnent parfois un ou plusieurs des effets ci-dessous:

- a) une réduction du courant de court-circuit à une valeur notablement au-dessous de la valeur attendue;
- b) une intervention tellement rapide que l'onde de courant de court-circuit est déformée.

C'est pourquoi le terme "courant présumé" est utilisé pour définir les performances d'établissement et de coupure.

NOTE 2 La performance de coupure en court-circuit dépend des caractéristiques des éléments fusibles installés; seuls les éléments fusibles ayant un courant maximal de coupure assigné supérieur ou égal à  $I_{SC}$  peuvent être inscrits dans la liste du manuel d'utilisation du circuit-switcher fusible.

#### 4.102 Tension transitoire de rétablissement assignée

La tension transitoire de rétablissement assignée relative au pouvoir de coupure assigné en court-circuit (selon 4.101) est la tension de référence qui constitue la limite supérieure de la tension transitoire de rétablissement présumée des circuits que le circuit-switcher fusible doit être capable de couper dans l'hypothèse d'un court-circuit.

#### 4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Le pouvoir de fermeture en court-circuit assigné est la crête de courant présumée la plus élevée que le circuit-switcher fusible doit être capable d'établir dans les conditions d'utilisation et de comportement définies dans cette norme dans un circuit ayant une tension à fréquence industrielle correspondant à la tension assignée du circuit-switcher fusible. Il doit être égal à 2,5 fois (50 Hz) ou 2,6 fois (60 Hz) la valeur du pouvoir de coupure en court-circuit assigné.

NOTE Voir aussi les notes du 4.101.

#### 4.104 Courant d'intersection assigné

Le courant d'intersection assigné est la valeur efficace maximale du courant d'intersection que le circuit-switcher dans le circuit-switcher fusible est capable d'interrompre dans les conditions d'utilisation et de comportement spécifiées dans cette norme dans un circuit ayant une tension de rétablissement à fréquence industrielle correspondant à la tension assignée du circuit-switcher fusible et ayant une tension transitoire de rétablissement présumée égale à la valeur spécifiée.

La valeur assignée déclarée par le constructeur doit être supérieure à la valeur du courant d'intersection, déterminé selon la Figure 1, donnée par les fusibles utilisés pour démontrer le courant thermique maximum assigné.

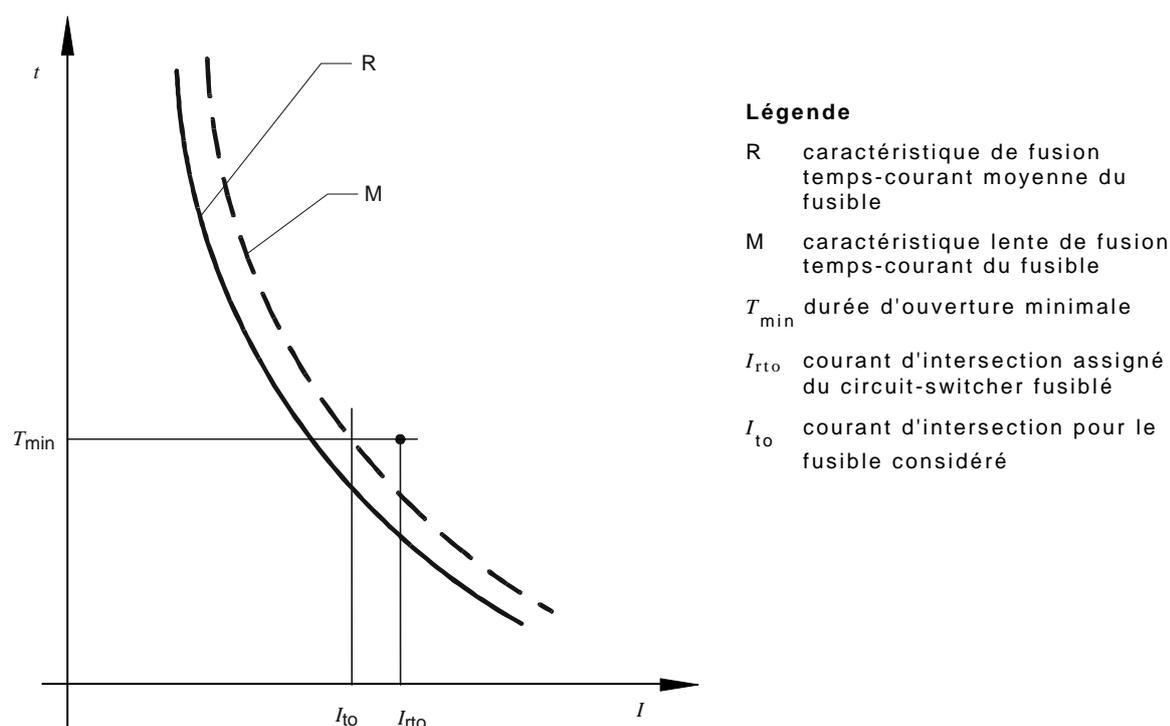


Figure 1 – Caractéristiques pour déterminer le courant d'intersection

## **5 Conception et construction**

### **5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les circuits-switchers fusibles**

Le paragraphe 5.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les circuits-switchers fusibles**

Le paragraphe 5.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.3 Raccordement à la terre des circuits-switchers fusibles**

Le paragraphe 5.3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.4 Équipement auxiliaire et de commande**

Le paragraphe 5.4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure**

Le paragraphe 5.5 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie**

Le paragraphe 5.6 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)**

Le paragraphe 5.7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.8 Fonctionnement des déclencheurs**

Le paragraphe 5.8 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.9 Dispositifs de verrouillage et de surveillance haute et basse pression**

Le paragraphe 5.9 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **5.10 Plaques signalétiques**

Le paragraphe 5.10 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec la modification suivante.

Le Tableau 1 dans la CEI 62271-1:2007 est remplacé par le Tableau 1 ci-après.

**Tableau 1 – Plaque signalétique**

(1)	Abréviation	Unités	Circuit-switcher fusible	Mécanisme	Conditions particulières pour le marquage
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constructeur			X	Y	seulement si le mécanisme est indépendant du circuit-switcher fusible et/ou de constructeur différent
Désignation du type			X	Y	seulement si le mécanisme est indépendant du circuit-switcher fusible et/ou de constructeur différent
Référence du manuel d'utilisation			X		
Numéro de série			X	(Y)	Demandé pour le mécanisme seulement si différent de l'appareil principal
Année de construction			X		
Numéro de cette norme			X		
Tension assignée	$U_r$	kV	X		
Tension assignée de tenue au choc de foudre	$U_p$	kV	X		
Fréquence assignée	$f_r$	Hz	X		
Courant thermique maximal assigné	$I_{th}$	A	X		
Fusibles utilisables et courants thermiques avec fusibles			X		Marquage obligatoire "Fusibles: voir manuel d'utilisation"
Pression assignée du gaz pour la manœuvre	$P_{op}$	MPa		Y	Si applicable
Tension assignée d'alimentation des auxiliaires	$U_a$	V		Y	Si applicable
Classe de température			Y		Différent de –5 °C à l'intérieur –25 °C à l'extérieur
Fluide isolant et masse		kg	Y		Si applicable

X: Le marquage de ces valeurs est obligatoire; un blanc indique des valeurs nulles.  
Y: Le marquage de ces valeurs est obligatoire, soumis aux conditions de la colonne (6).  
(Y): Le marquage de ces valeurs est facultatif et soumis aux conditions de la colonne (6).

NOTE Les abréviations de la colonne (2) sont autorisées à la place des termes de la colonne (1). Quand les termes de la colonne (1) sont utilisés, le mot "assigné" est optionnel.

### 5.11 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 5.11 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 5.12 Indicateur de position

Le paragraphe 5.12 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 5.13 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.14 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur**

Le paragraphe 5.14 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.15 Étanchéité au gaz et au vide**

Le paragraphe 5.15 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.16 Étanchéité au liquide**

Le paragraphe 5.16 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.17 Risque de feu (Inflammabilité)**

Le paragraphe 5.17 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.18 Compatibilité électromagnétique (CEM)**

Le paragraphe 5.18 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.19 Emission de rayons X**

Le paragraphe 5.19 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.20 Corrosion**

Le paragraphe 5.20 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### **5.101 Tringlages entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur du circuit-switcher fusible**

Les tringlages entre le ou les percuteurs des fusibles, s'il y en a, et le déclencheur du circuit-switcher doivent être conçus de telle sorte que le circuit-switcher fonctionne convenablement, aussi bien en conditions de défaut triphasé qu'en monophasé, aux exigences minimale et maximale d'un type de percuteur donné (moyen ou fort) indépendamment du mode de fonctionnement de ce percuteur (à ressort ou à charge explosive). Les exigences pour les percuteurs sont données dans la CEI 60282-1.

#### **5.102 Conditions de faible courant de défaut (conditions de longue durée de pré-arc des fusibles)**

Le circuit-switcher fusible équipé d'un déclenchement par percuteur doit être conçu de manière à fonctionner de façon satisfaisante dans des conditions de fonctionnement du percuteur.

Cela est réalisé si les conditions a) et b) suivantes sont satisfaites:

a) La coordination entre le circuit-switcher et les fusibles est assurée par l'un des conditions 1), 2) ou 3) ci-dessous:

1) La durée d'ouverture du circuit-switcher provoquée par le percuteur des fusibles doit être plus courte que la durée d'arc maximale que les fusibles peuvent supporter. Cette durée d'arc est au moins de 0,1 s selon la CEI 60282-1.

NOTE Des essais sont spécifiés dans le paragraphe 7.6.3 de la CEI 60282-1:2009 pour vérifier que le temps d'arc admissible des fusibles est au minimum de 100 ms.

2) Quand le constructeur des fusibles peut prouver que les fusibles ont subi avec succès les essais de coupures depuis sa valeur de courant de court-circuit assigné jusqu'au courant minimal de fusion des fusibles dans le circuit-switcher fusible (fusibles dits à coupure intégrale) alors la durée d'ouverture provoquée par le percuteur des circuits-switchers fusibles est considéré comme non applicable.

- 3) Quand il peut être prouvé que le déclencheur thermique du perceur des fusibles entraîne la coupure du courant avant apparition de l'arc dans ceux-ci, pour tous les courants inférieurs à  $I_3$  (courant minimal de coupure du fusible selon la CEI 60282-1).
- b) Dans ces circonstances, la montée en température du circuit-switcher fusible ne diminue pas ses performances comme il est démontré dans l'essai décrit dans le 6.104 de la CEI 62271-105:—. <sup>3</sup>

## 6 Essais de type

### 6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable et est remplacé comme suit:

L'objectif des essais de type est de démontrer les caractéristiques des circuits-switchers fusibles, de leurs mécanismes de manœuvre et de leur équipement de commande.

Les essais de type comprennent:

- les essais diélectriques;
- les essais d'échauffement;
- le mesurage de la résistance du circuit principal;
- les essais pour démontrer la capacité du circuit-switcher fusible à établir et à couper les courants spécifiés;
- les essais pour démontrer le fonctionnement mécanique satisfaisant et l'endurance mécanique;
- la vérification du degré de protection procuré par les enveloppes;
- les essais d'étanchéité;
- les essais de compatibilité électromagnétique.

Le circuit-switcher fusible soumis aux essais doit être comme neuf, avec des contacts propres et équipé de fusibles appropriés.

Les fusibles doivent être conformes à la CEI 60282-1. Les essais de type correspondants sont en dehors du domaine d'application de la présente norme.

#### 6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### 6.1.2 Informations pour l'identification des spécimens d'essai

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

#### 6.1.3 Information à inclure dans les rapports d'essais de type

Le paragraphe 6.1.3 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### 6.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 6.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

NOTE Le choix de l'élément de remplacement est important, car les dimensions de l'élément de remplacement affectent éventuellement les propriétés diélectriques. Voir aussi 6.103.1.

---

<sup>3</sup> A publier.

Les essais de décharges partielles spécifiés au 6.2.9 de la CEI 62271-1:2007 ne sont pas exigés.

### **6.3 Essais de tension de perturbation radioélectrique**

Le paragraphe 6.3 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

### **6.4 Mesurage de la résistance des circuits**

Le paragraphe 6.4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec la clarification suivante:

Des connexions rigides de résistance négligeable doivent être utilisées en lieu et place des fusibles, et leur résistance doit être notée dans le rapport d'essai. Pendant la mesure, le courant doit avoir une valeur appropriée quelconque comprise entre 50 A et le courant maximal thermique assigné.

### **6.5 Essais d'échauffement**

Le paragraphe 6.5 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

L'essai doit être réalisé au courant thermique maximal assigné, comme déterminé par le constructeur.

Les fusibles utilisés pour l'essai doivent être déterminés par le constructeur et notés dans le rapport d'essais.

### **6.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible**

Le paragraphe 6.6 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

### **6.7 Vérification de la protection**

Le paragraphe 6.7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **6.8 Essais d'étanchéité**

Le paragraphe 6.8 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **6.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)**

Le paragraphe 6.9 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **6.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande**

Le paragraphe 6.10 de la CEI 62271-1:2007 est applicable aux circuits auxiliaires et de commande impliqués dans la manœuvre du circuit-switcher, comme spécifié dans la présente norme. Les circuits optionnels ne font pas partie du domaine d'application de ces essais.

### **6.11 Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide**

Le paragraphe 6.11 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

Puisque cet essai est indépendant du dispositif de commutation, mais qu'il ne s'applique qu'aux éléments de coupure (ampoules à vide) seuls en tant que composants, les résultats de l'essai peuvent être valables pour plusieurs types de dispositifs de commutation, à condition que le type d'élément de coupure soit convenablement identifié et que la longueur de l'espace d'ouverture soumis à essai soit inférieure ou égale à celle qui est utilisée dans le circuit-switcher fusible.

## 6.101 Essais d'établissement et de coupure

Les essais d'établissement et de coupure comportent quatre séquences d'essai:

- $TD_{I_{th}}$ : essais d'établissement et de coupure au courant thermique maximal assigné;
- $TD_{I_{sc}}$ : essais de fermeture et de coupure au pouvoir de coupure assigné en court-circuit;
- $TD_{I_{to}}$ : essais de coupure au courant d'intersection assigné;
- $TD_{I_{low}}$ : essais de coupure au tiers du courant d'intersection assigné.

### 6.101.1 Conditions pour la réalisation des essais

#### 6.101.1.1 État du circuit-switcher fusible avant les essais

Le circuit-switcher fusible à essayer doit être monté complet sur son propre support ou sur un support équivalent. Son dispositif de commande doit fonctionner dans les conditions spécifiées et, en particulier, si ce dispositif est à commande électrique ou pneumatique, il doit être alimenté sous la tension minimale ou sous la pression de gaz minimale comme spécifié dans le 4.8 et le 4.10 de la CEI 62271-1:2007, à moins que l'arrachement du courant n'influence les résultats d'essais, auquel cas le circuit-switcher fusible doit être alimenté à une tension ou à une pression de gaz comprise dans les tolérances spécifiées dans le 4.8 et le 4.10 de la CEI 62271-1:2007, choisie de manière à obtenir la plus grande vitesse des contacts au moment de leur séparation et l'efficacité maximale du milieu extincteur.

On doit vérifier que le circuit-switcher fusible fonctionne correctement à vide lorsque les conditions ci-dessus sont remplies.

Les circuits-switchers fusibles à commande manuelle seule peuvent être actionnés par un dispositif permettant de les commander à distance.

Le choix du côté à mettre sous tension doit être considéré avec soin. Lorsque le circuit-switcher fusible est prévu pour être alimenté de n'importe quel côté et que la géométrie d'un côté de la coupure ou des coupures du circuit-switcher fusible diffère de celle qui existe de l'autre côté, le côté sous tension du circuit d'essai doit être raccordé au circuit-switcher fusible du côté donnant les conditions les plus sévères. En cas de doute, la série d'essais doit être répétée en inversant les connexions d'alimentation, mais, pour les séries d'essais comportant des essais identiques, un essai doit être effectué avec un des côtés sous tension et le ou les essais suivants avec l'autre côté sous tension.

Les essais doivent être effectués à la température ambiante.

#### 6.101.1.2 Fréquence d'essai

Pour les essais de courant de défaut limité (séquences d'essais  $TD_{I_{to}}$  et  $TD_{I_{low}}$ ), la fréquence du circuit d'essai doit être conforme aux exigences spécifiées dans la CEI 62271-100 pour les séquences d'essais T30 et T10.

NOTE 1 Dans l'édition référencée de la CEI 62271-100, l'exigence s'exprime par "Les disjoncteurs doivent être essayés à la fréquence assignée avec une tolérance de  $\pm 8$  %. Cependant, par commodité d'essai, des écarts à cette tolérance sont admissibles; ainsi, lorsque des disjoncteurs de fréquence assignée de 50 Hz sont essayés à une fréquence de 60 Hz et inversement, il convient d'être prudent dans l'interprétation des résultats, en prenant en considération tous les éléments significatifs tels que le type de disjoncteur et le type d'essai effectué".

Pour les essais impliquant l'intervention des fusibles seuls (séquences d'essais  $TD_{I_{sc}}$ ), la fréquence du circuit d'essai doit être conforme aux exigences exprimées dans la CEI 60282-1 pour la séquence d'essais équivalente.

NOTE 2 Dans l'édition référencée de la CEI 60281-1, l'exigence s'exprime par "La fréquence du circuit d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz".

Pour les essais de courant de charge (séquence d'essais  $TD_{I_{th}}$ ), la fréquence du circuit d'essai doit être conforme aux exigences exprimées dans la CEI 62271-103 pour la séquence d'essais équivalente.

NOTE 3 Dans l'édition référencée de la CEI 62271-103, l'exigence s'exprime par "Les interrupteurs doivent être essayés à la fréquence assignée avec une tolérance de  $\pm 8\%$ ".

### 6.101.1.3 Facteur de puissance

Le facteur de puissance du circuit d'essais doit être déterminé par mesurage et doit être pris égal à la moyenne des facteurs de puissance dans chaque phase.

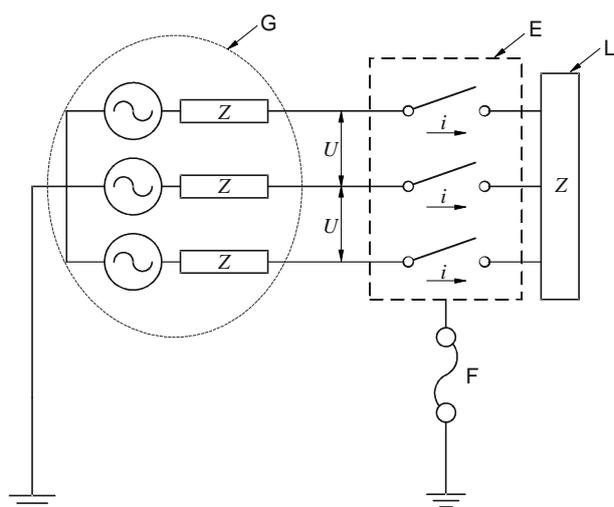
### 6.101.1.4 Disposition des circuits d'essais

Pour  $TD_{I_{th}}$ , il est fait référence à la séquence d'essais triphasée "courant de charge principalement active  $TD_{load}$ " de la CEI 62271-103; de ce fait, le circuit d'essai illustré à la Figure 2a doit être utilisé.

Pour les autres séquences d'essais, le circuit d'essai illustré à la Figure 2b doit être utilisé.

Pour les circuits-switchers fusibles donnant lieu à une émission de flammes ou de particules métalliques, les essais doivent être faits en plaçant des écrans métalliques au voisinage des parties sous tension et séparés de celles-ci par une distance dans l'air que le constructeur doit spécifier.

Les écrans, châssis ou autres parties normalement mises à la terre doivent être isolés de la terre mais reliés à elle par un fusible constitué d'un fil de cuivre de 0,1 mm de diamètre et de 50 mm de long. Ce fil de cuivre peut également être connecté à l'enroulement secondaire d'un transformateur d'intensité de rapport 1:1. Il convient de protéger les bornes secondaires du transformateur d'intensité par un éclateur ou un limiteur de surtensions. On considère qu'il n'y a pas de courant de fuite significatif si le fil fusible est intact après l'essai.



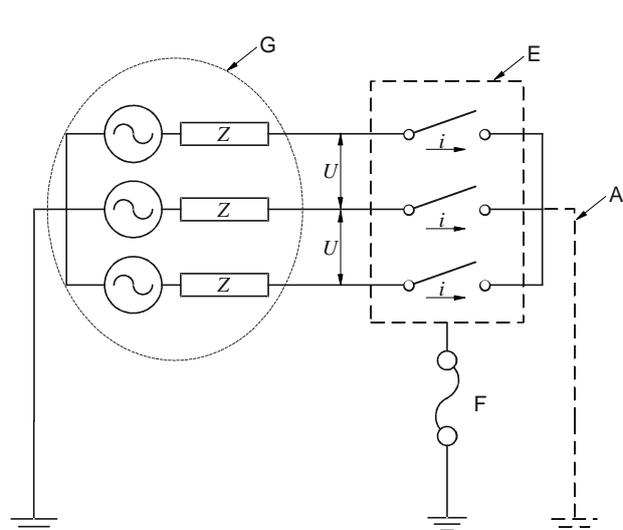
#### Légende

- G circuit d'alimentation
- E châssis ou enveloppe du circuit-switcher fusible
- F fusible pour vérifier le courant de fuite du châssis à la terre
- L circuit de charge

NOTE Le neutre de l'impédance de charge peut être mis à la terre, en variante au neutre du circuit d'alimentation

IEC 1021/12

Figure 2a – Circuit d'essai avec charge



IEC 1022/12

Figure 2b – Circuit d'essai avec point de court-circuit

**Figure 2 – Arrangement des circuits d'essais pour les séries d'essais  $TD_{Ith}$ ,  $TD_{Isc}$ ,  $TD_{Ito}$  et  $TD_{Ilow}$**

#### 6.101.1.5 Tension d'essai pour les essais de coupure

La tension d'essai est la moyenne des tensions entre phases mesurées au niveau du circuit-switcher fusible, immédiatement après la coupure.

La tension doit être mesurée aussi près que possible des bornes du circuit-switcher fusible, c'est-à-dire sans impédance appréciable entre le point de mesure et les bornes.

Dans le cas d'essais triphasés, la tension d'essai doit avoir une valeur aussi proche que possible de la tension assignée du circuit-switcher fusible.

La tolérance sur la valeur moyenne est de  $\pm 5\%$  de la valeur spécifiée, et la tolérance sur chaque tension de phase est de  $\pm 20\%$  par rapport à la valeur moyenne.

#### 6.101.1.6 Tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant un temps au moins égal à 0,3 s après l'extinction de l'arc.

#### 6.101.1.7 Tension appliquée pour les essais de fermeture sur court-circuit

La tension appliquée, avant les essais de fermeture sur court-circuit de la série d'essais  $TD_{Isc}$  est la valeur efficace de la tension aux bornes d'un pôle immédiatement avant l'essai.

Dans le cas d'essais triphasés, la valeur moyenne des tensions appliquées ne doit pas être inférieure à la tension assignée du circuit-switcher fusible divisée par  $\sqrt{3}$  et elle ne doit pas dépasser cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur.

La différence entre la valeur moyenne et la valeur des tensions appliquées dans chaque phase ne doit pas dépasser 5 % de cette valeur moyenne.

#### Légende

- A point de mise à la terre possible si le circuit d'alimentation n'est pas mis à la terre
- G circuit d'alimentation
- E châssis ou enveloppe du circuit-switcher fusible
- F fusible pour vérifier le courant de fuite du châssis à la terre

**6.101.1.8 Courant coupé**

Pour la série d'essais  $TD_{I_{th}}$ , les valeurs d'essais font référence à l'essai d'établissement et coupure de "courant de charge principalement active  $TD_{I_{oad}}$ " de la CEI 62271-103.

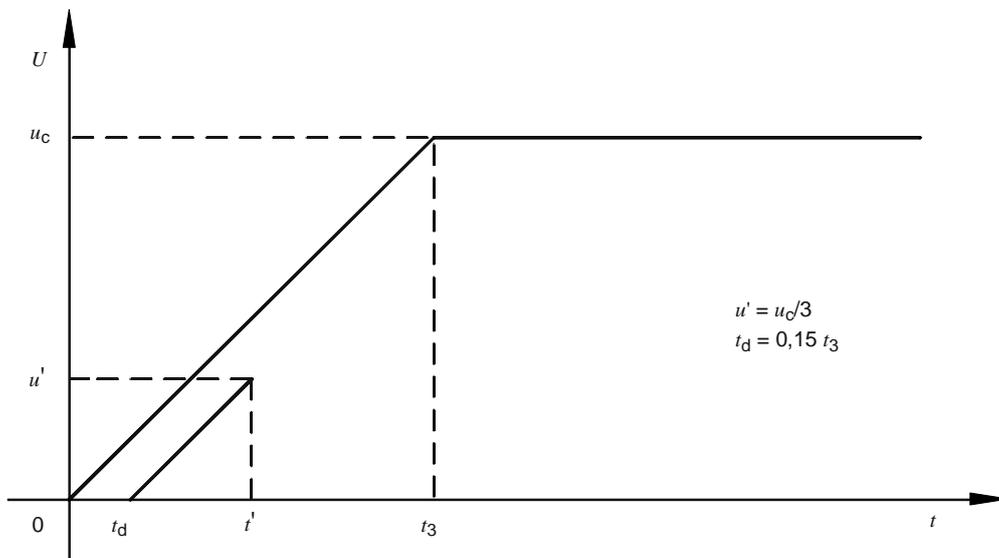
Pour la série d'essais  $TD_{I_{sc}}$ , la valeur efficace de la composante alternative du courant de court-circuit coupé présumé doit être mesurée une demi-période après le début du court-circuit lors de l'essai de courant présumé.

Pour les séries d'essais  $TD_{I_{to}}$  et  $TD_{I_{low}}$ , le courant coupé doit être la valeur efficace de la composante alternative mesurée au début de l'arc.

Pour les séries d'essais  $TD_{I_{sc}}$ ,  $TD_{I_{to}}$  et  $TD_{I_{low}}$ , la valeur efficace de la composante alternative du courant coupé de tous les pôles ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la valeur moyenne.

**6.101.1.9 Tension transitoire de rétablissement**

Pour le "courant de charge principalement active", les conditions de la CEI 62271-103 s'appliquent. Pour les niveaux de défaut élevés, les TTR définies dans la CEI 60282-1 s'appliquent. Pour les niveaux de défaut réduits, les TTR définies dans les séquences d'essais correspondantes de la CEI 62271-100 s'appliquent (voir les séries d'essais de type  $TD_{I_{to}}$  et  $TD_{I_{low}}$  de la présente norme). Les paramètres utilisés pour spécifier les TTR sont illustrés à la Figure 3.



IEC 1023/12

**Figure 3 – Représentation d'une TTR spécifiée par une enveloppe de référence à deux paramètres et un retard**

La tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit d'essai doit être déterminée par une méthode telle que les appareils servant à provoquer et à mesurer l'onde de tension soient sans influence pratique sur cette onde. Elle doit être mesurée aux bornes auxquelles l'appareil en essai est raccordé, tous les dispositifs de mesure tels que les diviseurs de tension étant en place. Des méthodes appropriées sont décrites à l'Annexe F de la CEI 62271-100:2008.

Pour les circuits triphasés, la tension transitoire de rétablissement se réfère au pôle qui coupe en premier, c'est-à-dire la tension aux bornes d'un pôle ouvert, les deux autres pôles étant fermés, dans un circuit d'essais conforme aux indications de 6.101.1.4.

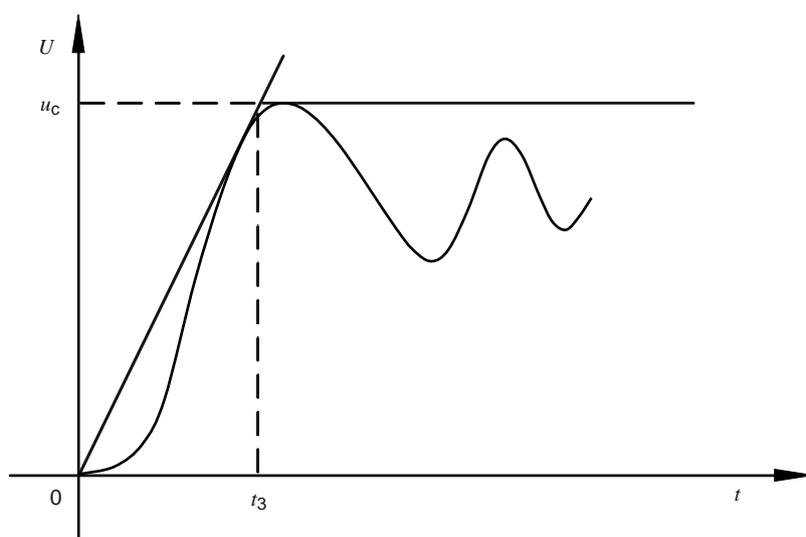
La courbe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit d'essai est représentée par son enveloppe tracée comme indiqué à la Figure 4, et par sa partie initiale.

L'onde de tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'essai doit satisfaire aux deux exigences suivantes:

- a) son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié;

NOTE L'accord du constructeur est nécessaire sur la valeur de dépassement de l'enveloppe par rapport au tracé de référence spécifié.

- b) la partie initiale ne doit pas traverser le segment de droite spécifié définissant le retard quand un tel retard est spécifié.



IEC 1024/12

Figure 4 – Exemple d'enveloppe à deux paramètres pour une TTR

## 6.101.2 Procédures d'essai

### 6.101.2.1 Séquence d'essais $TD_{I_{th}}$ – Essais d'établissement et de coupure au courant thermique maximal assigné

L'essai est réalisé conformément à la séquence d'essais "courant de charge principalement active  $TD_{I_{load}}$ " de la CEI 62271-103. La classe, comme définie dans la CEI 62271-103, doit être E2. Les fusibles peuvent être remplacés par des connexions rigides d'impédance négligeable.

Si l'appareil de coupure utilisé au sein du circuit-switcher fusible a déjà été essayé selon la CEI 62271-103, en classe E2 ou E3, avec un courant assigné de charge principalement active supérieur ou égal au courant thermique maximal assigné du circuit-switcher fusible, alors la séquence d'essais  $TD_{I_{th}}$  peut être omise.

### 6.101.2.2 Séquence d'essais $TD_{I_{sc}}$ – Essais d'établissement et de coupure au courant de court-circuit assigné

Cette séquence d'essais est réalisée pour démontrer que le circuit-switcher fusible est capable d'établir et de supporter le courant limité du fusible sans dommage à cette valeur de

courant. L'essai doit être réalisé avec des fusibles dans les trois pôles du circuit-switcher fusible.

Si un fonctionnement avec percuteurs est possible, les fusibles doivent être équipés de percuteurs et l'essai doit démontrer que le percuteur ouvre le circuit-switcher fusible.

Un essai de coupure et un essai d'établissement-coupure doivent être faits sur un circuit triphasé ayant un courant de court-circuit présumé égal au pouvoir de coupure en court-circuit assigné du circuit-switcher fusible avec une tolérance de  $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$  %.

L'instant d'établissement sur l'onde de tension n'est pas spécifié (c.a.d. au hasard).

Le circuit d'essai doit être conforme à 6.101.1.4 (la Figure 2b s'applique).

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être entre 0,07 et 0,15 en retard.

La tension appliquée doit être conforme à 6.101.1.7.

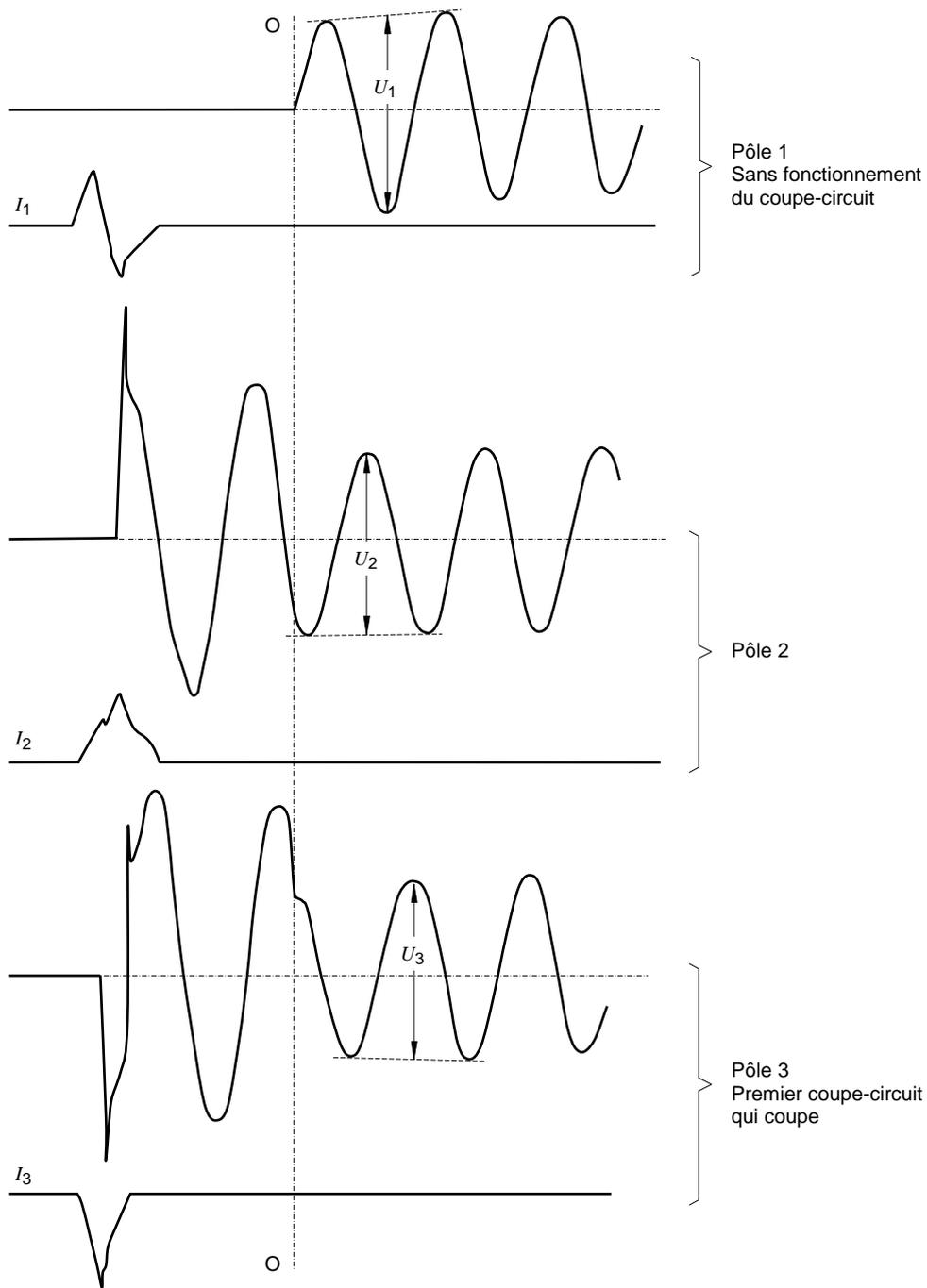
Si un déclenchement par percuteur est attendu, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être déterminée ainsi:

- la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit satisfaire aux conditions du 6.101.1.5;
- la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être vérifiée conformément à la Figure 5.

S'il n'y a pas possibilité de déclenchement par percuteur, on suppose que deux fusibles seulement vont fonctionner et aucun critère d'acceptation n'est défini pour la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

La tension transitoire de rétablissement présumée doit être conforme à 4.102 et 6.101.1.9, c'est-à-dire en faisant référence aux valeurs fournies dans la CEI 60282-1.

La première manœuvre de la séquence d'essais doit être faite avec le début d'arc dans le fusible d'un des pôles extérieurs conforme aux critères de la séquence d'essais 1 de la CEI 60282-1, c'est-à-dire être compris entre 65 degrés électriques et 90 degrés électriques après le zéro de tension dans ce pôle.



IEC 1025/12

 $U_1/2\sqrt{2} = \text{Tension du pôle 1}$ 
 $U_2/2\sqrt{2} = \text{Tension du pôle 2}$ 
 $U_3/2\sqrt{2} = \text{Tension du pôle 3}$ 

OO – Instant d'ouverture de  
l'appareil de manœuvre  
mécanique

$$\text{Tension moyenne des pôles 1, 2 et 3} = \frac{\frac{U_1}{2\sqrt{2}} + \frac{U_2}{2\sqrt{2}} + \frac{U_3}{2\sqrt{2}}}{3}$$

**Figure 5 – Mesurage de la tension rétablie à fréquence industrielle  
avec action de percuteur**

### **6.101.2.3 Séquence d'essais $TD_{Ito}$ – Essais de coupure au courant d'intersection assigné**

Cette séquence d'essais est effectuée pour démontrer la coordination correcte entre le circuit-switcher actionné par le déclencheur et les fusibles dans la zone de courant où le circuit-switcher sous l'action du déclencheur prend la relève des fusibles pour assurer la coupure.

Trois essais de coupure doivent être réalisés dans un circuit triphasé, avec les fusibles dans les trois pôles remplacés par des connexions rigides d'impédance négligeable.

L'instant d'ouverture des pôles sur l'onde de courant n'est pas spécifié (c.a.d. au hasard).

Le circuit d'essai doit être conforme à 6.101.1.4 (la Figure 2b s'applique).

La valeur du courant d'essai correspond au courant d'intersection assigné du circuit-switcher fusible, avec une tolérance de  ${}^{+5}_0$  %.

La TTR présumée doit être conforme à 4.102 et 6.101.1.9, en faisant référence aux valeurs les plus sévères (valeur de crête la plus élevée et temps de montée le plus court) spécifiées pour la série d'essais T30 de la CEI 62271-100.

NOTE Dans l'édition référencée de la CEI 62271-100, cette exigence se réfère au Tableau 25 qui spécifie les TTR pour les disjoncteurs de classe S2.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être vérifiée selon les conditions applicables de la CEI 62271-100.

### **6.101.2.4 Séquence d'essais $TD_{Ilow}$ – Essai à un tiers du courant d'intersection assigné**

Cette séquence d'essais est effectuée pour démontrer le fonctionnement correct du circuit-switcher actionné par le déclencheur en conditions de défaut, dans la zone de courant en dessous de la courbe de fusion des fusibles.

Trois essais de coupure doivent être réalisés dans un circuit triphasé, avec les fusibles remplacés dans les trois pôles par des connexions rigides d'impédance négligeable.

L'instant d'ouverture des pôles sur l'onde de courant n'est pas spécifié (c.a.d. au hasard).

Le circuit d'essai doit être conforme à 6.101.1.4 (la Figure 2b s'applique).

Le courant d'essai doit être d'un tiers du courant d'intersection assigné du circuit-switcher fusible, avec une tolérance de  $\pm 10$  %.

La TTR présumée doit être conforme à 4.102 et 6.101.1.9, en faisant référence aux valeurs les plus sévères spécifiées pour la série d'essais T10 de la CEI 62271-100.

NOTE Dans l'édition référencée de la CEI 62271-100, cette exigence se réfère au Tableau 25 qui spécifie les TTR pour les disjoncteurs de classe S2.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être vérifiée selon les conditions applicables de la CEI 62271-100.

#### **6.101.2.5 Résumé des paramètres d'essais**

Un résumé des paramètres à utiliser pour les séquences d'essais est fourni dans le Tableau 2.

**Tableau 2 – Résumé des paramètres d'essais pour les séquences d'essais**

Séquence d'essais Paragraphe N°	Circuit	Tension d'essai	Tolérances	Courant d'essai	Tolérances	Série d'essais	Facteur de puissance	TTR
TD <sub>Ith</sub> (6.101.2.1)	3 phases avec charge Figure 2a	$U_r$	±5 %	Courant thermique maximum assigné $I_{th}$ et $0,05 \times I_{th}$	+10 % 0	30 CO 20 CO	Charge: 0,7 ± 0,05 retard source: < 0,2 en retard	Voir la CEI 62271-103, TD <sub>load</sub> .
TD <sub>Isc</sub> (6.101.2.2)	3 phases Figure 2b	$U_r$	±5 %	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit	+5 % 0	O CO	0,07 à 0,15 en retard	Voir CEI 60282-1
TD <sub>Ito</sub> (6.101.2.3)	3 phases Figure 2b	$U_r$	±5 %	Courant d'intersection assigné	+5 % 0	O O O	0,07 à 0,15 en retard	Conditions d'essais les plus sévères définies pour T30 dans la CEI 62271-100
TD <sub>Ilow</sub> (6.101.2.4)	3 phases Figure 2b	$U_r$	±5 %	Un tiers du courant d'intersection assigné	±10 %	O O O	0,07 à 0,15 en retard	Conditions d'essais les plus sévères définies pour T10 dans la CEI 62271-100
NOTE 1 Tolérance sur la fréquence ± 10 % pour toutes les séquences d'essais.								
NOTE 2 Les conditions d'essais les plus sévères pour les TTR correspondent au facteur d'amplitude le plus élevé et au temps de montée le plus court.								

### 6.101.3 Comportement du circuit-switcher fusible pendant les essais

Le circuit-switcher fusible peut être examiné mais non remis en état (hormis le remplacement des fusibles) entre deux quelconques des séquences d'essais, séquences qui doivent toutes être effectuées sur le même appareil.

Pendant les essais, le circuit-switcher fusible ne doit montrer ni signes de contraintes excessives, ni phénomènes qui pourraient mettre en danger l'opérateur.

Pour les circuit-switchers fusibles remplis de liquide, il ne doit pas se produire d'émission de flammes et les gaz produits ainsi que le liquide entraîné par ces gaz doivent pouvoir s'échapper de façon à ne pas provoquer d'amorçage électrique.

Pour les autres types de circuit-switchers fusibles, les flammes ou les particules métalliques, qui pourraient réduire le niveau d'isolement de l'appareil, ne doivent pas être projetées au-delà des limites fixées par le constructeur.

On considère qu'il n'y a pas eu de courant de fuite significatif si le fil fusible tel que défini en 6.101.1.4 est intact après l'essai.

Pendant la série d'essais  $TD_{ISC}$ , un circuit-switcher fusible équipé de percuteurs doit s'ouvrir sous l'action des percuteurs.

Des décharges disruptives non entretenues peuvent se produire durant la période de tension de rétablissement qui suit une opération de coupure. Toutefois, leur apparition n'est pas un signe de défaillance de l'organe de coupure en essai et ne représente pas un risque pour un système en exploitation. De ce fait, leur nombre est sans signification dans l'interprétation de la performance de l'appareil en essai. Si des NSDD (Décharges disruptives non entretenues) sont visibles durant les essais, elles doivent être signalées sur le rapport d'essai pour justifier des irrégularités de la tension de rétablissement.

Il convient de remplacer systématiquement les trois fusibles, qu'ils aient fonctionné ou non au cours de l'essai.

Pour certains essais triphasés, un fusible et/ou son percuteur peuvent ne pas avoir fonctionné. Cela n'est pas une condition anormale et susceptible de remettre en cause la validité de l'essai pourvu que le fusible n'ait subi aucun dommage externe.

### 6.101.4 État de l'appareil après les essais

Après les essais, les fusibles doivent satisfaire aux exigences définies au 5.1.3 de la CEI 60282-1:2009.

Après avoir effectué chaque séquence d'essais:

- a) les parties mécaniques et les isolateurs du circuit-switcher fusible doivent être pratiquement dans le même état qu'avant les essais. Il peut y avoir quelques dépôts sur les isolateurs dus à la décomposition du milieu extincteur;
- b) le circuit-switcher fusible doit être capable, sans remise en état, de conserver ses propriétés isolantes;
- c) pour les circuits-switchers fusibles qui comprennent une fonction sectionneur, les propriétés diélectriques en position ouverte ne doivent pas être réduites en dessous de celles spécifiées par suite d'une détérioration des parties isolantes au voisinage de la distance de sectionnement ou en parallèle avec celle-ci. Les exigences du 6.2.11 de la CEI 62271-102 pour les sectionneurs doivent être satisfaites;
- d) le circuit-switcher fusible doit être capable de supporter son courant assigné en service continu après remplacement des fusibles.

Le contrôle visuel et la manœuvre hors charge du circuit-switcher fusible après les essais sont généralement suffisants pour contrôler ces exigences.

En cas de doute sur l'aptitude du circuit-switcher fusible à remplir les conditions du 6.101.4 b), on doit procéder aux essais diélectriques de tenue à fréquence industrielle prévus par le 6.2.11 de la CEI 62271-1:2007. Pour les circuit-switchers fusibles avec des organes de coupure scellés à vie, l'essai de vérification d'état est obligatoire sauf si l'organe de coupure peut être démonté ou ouvert pour inspection.

En cas de doute sur l'aptitude du circuit-switcher fusible, lorsque cela est applicable, à remplir les conditions du 6.101.4 c), on doit procéder aux essais diélectriques de tenue à fréquence industrielle prévus par le 6.2.11 de la CEI 62271-1:2007. Pour les circuits-switchers fusibles avec des organes de coupure scellés à vie, l'essai de vérification d'état est obligatoire sauf si l'organe de coupure peut être démonté ou ouvert pour inspection.

En cas de doute sur l'aptitude du circuit-switcher fusible à satisfaire aux conditions du 6.101.4 d), l'exigence est considérée comme satisfaite si l'une des conditions suivantes est remplie:

- 1) l'inspection visuelle des contacts principaux démontre clairement leur bon état;  
ou bien, si l'inspection n'est pas réalisable ou n'est pas satisfaisante,
- 2) la résistance mesurée aussi près que possible des contacts principaux, et selon la procédure du 6.4.1 de la CEI 62271-1:2007, ne montre pas d'augmentation de plus de 20 % par comparaison à la résistance mesurée avant l'essai. Avant de mesurer la résistance de contact, 10 manœuvres à vide peuvent être effectuées.  
ou bien, si la condition 2) n'est pas satisfaite,
- 3) un essai au courant thermique maximal assigné démontre qu'il n'y a pas d'emballage thermique, en surveillant la température, aux points où la mesure de résistance a été réalisée avant les essais, jusqu'à stabilisation (variation de moins de 1 K par heure). Pendant cet essai, aucune autre mesure de température n'est effectuée à l'intérieur de l'appareil de coupure. Si la stabilisation ne peut pas être obtenue, alors l'essai de sanction est négatif et le circuit-switcher fusible est considéré comme ayant également échoué à la série d'essais.

### **6.102 Essais de fonctionnement mécanique**

Il convient de monter pour l'essai le circuit-switcher fusible sur son propre support et son mécanisme de manœuvre doit être actionné selon la manière spécifiée. Sauf spécification contraire, les essais peuvent être effectués à toute température convenable de l'air ambiant.

La tension d'alimentation du dispositif de manœuvre doit être mesurée aux bornes pendant la manœuvre de l'interrupteur. Les équipements auxiliaires faisant partie du dispositif de manœuvre doivent être inclus. Aucune impédance ne doit être ajoutée entre l'alimentation et les bornes du dispositif afin de régulariser la tension appliquée.

Pour les circuits-switchers fusibles manœuvrés manuellement, afin de faciliter l'essai, le dispositif de manœuvre peut être remplacé par un mécanisme de manœuvre à source d'énergie extérieure fournissant un effort de manœuvre équivalent à celui de la manœuvre manuelle.

Les essais de fonctionnement mécanique doivent comprendre 1 000 cycles de manœuvre sans tension ni courant dans le circuit principal.

Un circuit-switcher fusible ayant un dispositif de manœuvre avec source d'énergie doit être soumis aux essais suivants:

- 900 manœuvres de fermeture et d'ouverture à la tension assignée d'alimentation et/ou à la pression assignée d'alimentation en gaz comprimé;

- 50 manœuvres de fermeture et d'ouverture à la tension minimale spécifiée d'alimentation et/ou à la pression minimale de l'alimentation en gaz comprimé;
- 50 manœuvres de fermeture et d'ouverture à la tension maximale d'alimentation spécifiée et/ou à la pression maximale de l'alimentation en gaz comprimé.

Pour un circuit-switcher fusible équipé de tringlages de déclenchement par percuteur, des essais sur les tringlages de déclenchement doivent être réalisés comme suit:

- a) Pour vérifier la fiabilité mécanique des tringlages entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur de l'appareil, un total de 100 manœuvres doit être effectué, dont 90 (30 dans chaque pôle) avec un percuteur d'énergie minimale et 10 avec trois percuteurs d'énergie maximale fonctionnant simultanément. Pendant les essais, le mesurage de la durée d'ouverture du circuit-switcher fusible est réalisé pour vérifier les exigences du 5.102 a) 1). Après cette série d'essais, le fonctionnement mécanique des tringlages de déclenchement doit être pratiquement le même qu'avant les essais.
- b) En utilisant un fusible factice dont la sortie du percuteur a été réglée à la valeur minimale de la tolérance spécifiée dans la CEI 60282-1, on doit vérifier successivement sur chaque pôle que le circuit-switcher fusible soit ne peut se fermer, soit ne peut rester fermé, selon son principe de construction.

Pour ces essais, on peut utiliser un dispositif simulant le fonctionnement du percuteur des fusibles.

#### **6.102.1 État du circuit-switcher fusible pendant et après les essais de fonctionnement mécanique**

Les positions, totalement ouverte et totalement fermée, doivent être obtenues pendant chaque cycle de manœuvre. Le circuit-switcher fusible doit être dans un état lui permettant de fonctionner normalement, d'établir, de supporter et de couper son courant thermique maximal assigné. Le fonctionnement satisfaisant des dispositifs de manœuvre, des contacts de commande et des contacts auxiliaires, et des dispositifs indicateurs de position, s'il y a lieu, doit être vérifié pendant l'essai.

Un essai d'étanchéité doit être effectué le cas échéant avant et après les essais de fonctionnement mécanique selon le 6.8 de la CEI 62271-1:2007. La lubrification selon les instructions du constructeur est permise pendant l'essai, mais les réglages mécaniques ne sont pas permis.

Après les essais, toutes les pièces doivent être en bon état et ne doivent pas montrer d'usure excessive.

#### **6.102.2 État des fusibles pendant et après les essais de fonctionnement mécanique**

Pendant les essais spécifiés en 6.102, trois fusibles doivent être installés dans les pôles du circuit-switcher fusible. La résistance à froid doit être mesurée avant et après les essais.

Après la réalisation de la ou des séquences d'essais, les fusibles ne doivent montrer ni signes de dommage mécanique, ni changement significatif de la résistance. Ils ne doivent pas être déplacés dans leurs contacts.

NOTE Il convient de considérer comme significatif un changement de résistance plus important que la précision de la méthode de mesure.

### **6.103 Extension de la validité des essais de type**

#### **6.103.1 Propriétés diélectriques**

Les propriétés diélectriques peuvent être affectées lors de l'utilisation de fusibles d'un diamètre différent de celui du fusible soumis à essai. L'extension de validité est limitée aux fusibles de mêmes dimensions hors-tout.

### 6.103.2 Échauffement

La conformité aux essais d'échauffement du circuit-switcher fusible constitué d'un socle et d'un type de fusible donné (notés X) établit la conformité de tout circuit-switcher fusible constitué du même socle et de fusibles d'un autre type, pour le courant thermique associé de ce nouveau circuit-switcher fusible ( $I_{th \text{ circuit-switcher fusible}}$ ), si les quatre critères ci-dessous sont satisfaits:

- les fusibles ont la même longueur que le fusible X;
- les fusibles ont un calibre plus faible, ou égal, à celui des fusibles X;
- les fusibles ont une valeur de la puissance dissipée (selon la CEI 60282-1) inférieure, ou égale, à celle des fusibles X;
- le déclassement des fusibles dans le circuit-switcher fusible ( $I_{th \text{ circuit-switcher fusible}}/I_r \text{ fusible}$ ) est inférieur, ou égal, à celui des fusibles X.

Du fait que le respect des critères ci-dessus intègre déjà des marges de sécurité, le diamètre des fusibles n'est pas pris en considération.

A la demande du constructeur, d'autres essais d'échauffement peuvent être réalisés, avec des fusibles de types différents fournissant des valeurs de courant thermique plus faibles que la valeur maximale assignée, de manière à fournir d'autres possibilités de critères de sélection de fusibles.

### 6.103.3 Établissement et coupure

La conformité à la présente norme est également obtenue pour des circuits-switchers fusibles non ou partiellement essayés, constitués du socle de circuit-switcher fusible et de fusibles sous réserve que les conditions ci-dessous soient remplies:

- a) tout fusible considéré doit être conforme à sa norme (CEI 60282-1);
- b) le même type de percuteur, le cas échéant, doit équiper les fusibles, c'est-à-dire moyen ou fort selon la CEI 60282-1;
- c) l'autre type de fusible est tel que le courant coupé limité et l'intégrale de Joule  $I^2t$  du type différent, tels que déterminés par la série d'essais 1 de la CEI 60282-1, ne sont pas plus grands que ceux du type essayé, déterminés dans des conditions similaires.

## 7 Essais individuels de série

L'Article 7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

### 7.101 Essais de fonctionnement mécanique

Des essais de manœuvre mécanique doivent être effectués pour assurer que les circuit-switchers fusibles satisfont les conditions de service spécifiées dans les limites spécifiées de tension et de pression d'alimentation de leurs dispositifs de manœuvres.

Pendant ces essais, on doit vérifier en particulier que les circuit-switchers fusibles s'ouvrent et se ferment correctement quand leurs dispositifs de manœuvre sont sous tension ou sous pression. On doit également vérifier que la manœuvre ne cause aucun dégât aux circuit-switchers fusibles. Les essais peuvent être effectués sans fusibles.

Pour tous les circuit-switchers fusibles, les essais ci-dessous doivent être réalisés, quand ils sont applicables:

- a) dans les conditions du 6.102 sous l'action d'un percuteur d'énergie minimale simulé: une opération d'ouverture sur chaque phase;
- b) à la valeur maximale spécifiée de la tension d'alimentation et/ou de la pression de l'alimentation en gaz: cinq fermetures et cinq ouvertures;

- c) à la valeur minimale spécifiée de la tension d'alimentation et/ou de la pression de l'alimentation en gaz: cinq fermetures et cinq ouvertures;
- d) si un circuit-switcher fusible peut être manœuvré à la main de la même façon que par son dispositif de manœuvre électrique ou pneumatique: cinq fermetures et ouvertures manuelles;
- e) pour les circuits-switchers fusibles à commande manuelle seulement: dix fermetures et dix ouvertures;
- f) à la tension assignée d'alimentation et/ou à la pression assignée pour l'alimentation en gaz: cinq manœuvres de fermeture-ouverture avec le circuit de déclenchement alimenté par la fermeture des contacts principaux.

Les essais a), b), c), d), e) et f) doivent être effectués sans courant dans le circuit principal.

NOTE Durant l'essai selon f), on considère que le courant du circuit de déclenchement traversant les contacts principaux est négligeable.

Durant tous les essais de routine précédents, aucun réglage ne doit être fait et les manœuvres doivent être sans incident. Les positions fermées et ouvertes doivent être atteintes à chaque manœuvre pour les essais a), b), c), d) et e).

Après les essais, le circuit-switcher fusible doit être examiné pour déterminer si aucune pièce n'a subi de dommages.

## **8 Guide pour le choix des circuits-switchers fusibles**

### **8.1 Choix des valeurs assignées**

Le paragraphe 8.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

### **8.2 Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service**

Le paragraphe 8.2 de la CEI 62271-1:2007 n'est pas applicable.

#### **8.101 Critères additionnels**

L'objectif de ce paragraphe et des paragraphes suivants est de spécifier les critères pour la sélection d'un circuit-switcher fusible qui assurera une performance correcte, en utilisant les valeurs de paramètres établies par les essais selon la CEI 60282-1 et la présente norme.

Toutes les applications des circuit-switchers fusibles peuvent être couvertes en utilisant le calibre de fusible le plus élevé proposé, avec ou sans percuteurs, et un moyen adapté de déclenchement à maximum d'intensité. Toutefois, l'utilisateur peut décider d'utiliser des fusibles de plus faibles calibres. Les paragraphes qui suivent fournissent des informations qui peuvent être utilisées pour faire un choix correct.

Des informations complémentaires pour la coordination des fusibles haute tension avec les autres composants de circuit pour les applications de transformateurs, ainsi qu'une aide à la sélection de tels fusibles particulièrement quant à leurs caractéristiques temps-courant et leurs calibres, est fournie dans la CEI/TR 60787 [2].

Une utilisation similaire à celle faite des combinés interrupteur-fusibles peut être mise en œuvre en utilisant des circuits-switchers fusibles équipés de déclenchement par percuteurs et sans autre moyen de déclenchement. Les circuits-switchers fusibles fournissent en général un courant d'intersection plus élevé que celui d'un combiné interrupteur-fusibles, et ne sont pas limités par le courant de transition. Toutefois, il convient que l'utilisateur soit conscient des possibilités de sur-échauffement et de comportement imprévisible si des conditions se produisent avec un courant maintenu au-dessus du courant thermique et en dessous du

courant de coupure minimal des fusibles. Dans de telles applications, il est préférable d'utiliser des fusibles avec des dispositifs de limitation de température.

On prévoit que le constructeur réalise les essais de type avec des fusibles limiteurs. Dans le cas où les essais de type ont été réalisés sur un circuit-switcher fusible utilisant des fusibles à coupure intégrale, toute utilisation avec des fusibles limiteurs nécessite des vérifications complémentaires. Il convient que de telles vérifications fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

### **8.102 Pouvoir de coupure en court-circuit**

Il convient que le pouvoir de coupure en court-circuit d'un circuit-switcher fusible ne soit pas inférieur au courant de défaut efficace symétrique maximal attendu au point du système de distribution où le circuit-switcher fusible doit être placé.

Le pouvoir de coupure en court-circuit est principalement déterminé par celui des fusibles. Selon les fusibles utilisés, le pouvoir de coupure en court-circuit effectif du circuit-switcher fusible peut être inférieur à la valeur assignée.

### **8.103 Courant thermique maximal assigné**

Le courant thermique maximal assigné du circuit-switcher fusible est fixé par le constructeur et vérifié lors des essais d'échauffement. Le courant thermique effectif dépend des fusibles utilisés et il convient de le déterminer par l'application des règles exprimées en 8.107. Il peut devoir être réduit quand la température ambiante en service dépasse celle spécifiée pour les conditions normales de l'Article 2.

NOTE Il est fait référence à la CEI 60282-1 dans laquelle un commentaire est fait sur le courant assigné des fusibles et sa sélection, et comment il peut être affecté par l'installation des fusibles dans une enveloppe.

### **8.104 Courants entre le courant thermique et le courant $I_3$ des fusibles**

Le courant  $I_3$  est défini pour les fusibles dans la CEI 60282-1 comme le courant minimal de coupure.

Pour tout courant entre le courant thermique et le courant  $I_3$  des fusibles, la protection ne peut être fournie que par des moyens de déclenchement externes, tels qu'un relais à maximum de courant ou un relais à maximum de température.

L'action d'un percuteur, initiée soit par des conditions de surintensité soit par la température, peut fournir un ordre de déclenchement. Dans ce cas, le circuit-switcher fusible sera capable de couper le courant.

### **8.105 Courant de transition**

Le courant de transition, défini lorsqu'un ordre de déclenchement est fourni par les percuteurs, n'entraîne pas d'exigence additionnelle pour un circuit-switcher fusible au-dessus de celles déjà couvertes par la présente norme. Une explication complète est fournie à l'Annexe A.

### **8.106 Courant d'intersection**

La valeur du courant d'intersection d'un circuit-switcher fusible dépend à la fois du temps minimum d'ouverture du circuit-switcher et de la caractéristique temps-courant du fusible. Comme son nom l'indique, c'est la valeur de surintensité au-dessus de laquelle les fusibles prennent la relève du dispositif de déclenchement et du circuit-switcher pour assurer la coupure.

Le choix d'un fusible adapté assure que le courant d'intersection est plus faible que le courant d'intersection assigné du circuit-switcher fusible (voir 3.7.108, 4.104 et les conditions d'essais

fournies en 6.101.2.3). D'un point de vue pratique, il faut vérifier que la courbe de fusion maximale des fusibles sélectionnés est placée à gauche du point défini par le courant d'intersection assigné et la durée minimale d'ouverture du circuit-switcher (voir Figure 1). Cette condition assure que, dans le cas d'un relai externe, des courants de défaut supérieurs au courant d'intersection assigné seront coupés par les fusibles seuls. Comme tous les courants de défaut de valeurs inférieures au courant d'intersection assigné peuvent être coupés par le circuit-switcher, toute la gamme des courants de défaut est donc couverte. Une analyse détaillée est fournie à l'Annexe A.

La TTR spécifiée pour l'essai de type de courant d'intersection peut ne pas couvrir le cas d'un court-circuit boulonné côté secondaire d'un transformateur MT-BT, si le type de transformateur et les connexions MT donnent une très faible capacité. Il convient dans ce cas de spécifier la performance conformément à la séquence d'essais spéciale T30 documentée à l'Annexe M de la CEI 62271-100:2008, et les TTR correspondantes énumérées au Tableau M.1 de la même norme.

### **8.107 Extension de la validité des essais de type**

Il a été reconnu qu'il est pratiquement impossible d'essayer un circuit-switcher fusible avec des fusibles de différents calibres et/ou constructeurs. Toutefois, les principes de validité selon lesquels des essais d'établissement, de coupure et d'échauffement peuvent être étendus sont donnés dans la présente norme.

Les règles d'extension sont fournies en 6.103 pour les essais de type appropriés.

La performance satisfaisante des essais mécaniques, comprenant un nombre important de manœuvres avec les mêmes échantillons de fusibles en place, suffit à justifier l'utilisation de fusibles autres que ceux essayés, sans essais mécaniques complémentaires.

### **8.108 Exploitation**

Il convient que les trois fusibles installés dans un circuit-switcher fusible soient de mêmes type et calibre, sinon les performances en coupure du circuit-switcher fusible pourraient être compromises.

Il est indispensable, pour un fonctionnement correct d'un circuit-switcher fusible, que les fusibles avec percuteurs soient disposés dans le bon sens, si des percuteurs sont utilisés.

Quand un circuit-switcher fusible a manœuvré suite à un défaut triphasé, il est possible que:

- a) seuls deux des trois fusibles aient fonctionné;
- b) les trois fusibles aient fonctionné mais que seuls deux percuteurs soient sortis.

Un tel fonctionnement partiel d'un fusible peut se produire en situation triphasée et ne doit pas être considéré comme anormal.

Il convient que les trois fusibles soient retirés et remplacés si un ou des fusibles dans un ou deux pôles d'un circuit-switcher fusible ont fonctionné, à moins qu'il soit explicitement connu qu'aucune surintensité n'a traversé le ou les fusibles non fondus.

Avant de retirer ou de remplacer les fusibles, il convient pour l'exploitant de s'assurer que le support du fusible soit électriquement déconnecté de toutes les parties du circuit-switcher fusible qui pourraient être encore sous tension. Ce point est particulièrement important quand le support du fusible n'est pas isolé de manière visible.

Quand un circuit-switcher fusible a fonctionné sans marque claire de défaut sur le système, l'examen du ou des fusibles qui a fonctionné, le cas échéant, de même que les indications qui peuvent être fournies par les dispositifs de déclenchement, peuvent fournir une indication du type de courant de défaut et de sa valeur approximative.

Dans le cas d'une manœuvre déclenchée sans fondre aucun fusible, une mesure de résistance à froid adaptée est la précaution minimale avant de remettre les fusibles en service. Si un relais est capable de fournir de l'information sur le niveau de défaut et la durée de défaut, il convient que le point résultant soit au minimum 20 % en dessous de la courbe minimale de fusion des fusibles pour considérer qu'ils peuvent être maintenus en service.

### 8.109 Comparaison des performances des circuit-switchers fusibles avec les performances des combinés interrupteurs-fusibles et des disjoncteurs

Les circuit-switchers fusibles fournissent des performances intermédiaires entre les combinés interrupteurs-fusibles (selon la CEI 62271-105) et les disjoncteurs (selon la CEI 62271-100). Les Tableaux 3 et 4 donnent une comparaison des caractéristiques principales.

**Tableau 3 – Comparaison entre combiné interrupteur-fusibles et circuit-switcher fusible**

	Combiné interrupteur-fusibles	Circuit-switcher fusible
Gamme de fonctionnement correct	Entre courant de fusion et $I_{transf}$ selon la TTR, et au-dessus de $I_{transf}$ dans tous les cas (voir note)	Totale
Réglages des protections	Choix des fusibles	Dispositif externe
Percuteurs	De base	Facultatif
Courant de transition	Applicable, et limite les applications	Non applicable
Courant d'intersection	Applicable, si relaiage	De base
NOTE Pour les applications de protection des transformateurs, les TTR attendues en dessous de $I_{transf}$ sont généralement compatibles avec les spécifications des interrupteurs.		

**Tableau 4 – Comparaison entre un circuit-switcher fusible et un disjoncteur**

	Circuit-switcher fusible	Disjoncteur
Gamme de fonctionnement correct	Totale	Totale
Réglages des protections	Dispositif externe	Dispositif externe
Percuteurs	Facultatif	Non applicable
Courant d'intersection	De base	Non applicable
Limitation du courant de défaut	OUI	NON
Possibilité de refermeture	NON, si le fusible fonctionne	OUI, pour tout courant

## 9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

### 9.1 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 9.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

En plus des renseignements énumérés dans les normes de composants applicables, il convient que le demandeur identifie la limite de fourniture, par exemple, si le circuit-switcher fusible décrit doit comprendre les éléments de remplacement.

### 9.2 Renseignements à donner dans les soumissions

Le paragraphe 9.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants.

En plus des renseignements énumérés dans les normes de composants applicables, il convient que le constructeur fournisse, indépendamment des valeurs assignées, un manuel d'instructions comprenant au minimum les informations suivantes:

- a) le type des fusibles utilisés dans l'appareil lors des essais de type;
- b) le fluide de remplissage (nature et masse), lorsque c'est applicable;
- c) les informations pertinentes, concernant les fusibles cités précédemment, pour l'extension de la validité des essais de type, c'est-à-dire:
  - la longueur (6.5);
  - le calibre assigné maximal (6.5);
  - la puissance dissipée assignée (6.5);
  - le déclassement (6.5);
  - l'intégrale de Joule en coupure (6.101.2.2);
  - le courant coupé limité (6.101.2.2).

## **10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance**

L'Article 10 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément qui suit.

Les fusibles haute tension, bien que robustes en apparence, peuvent avoir des éléments fusibles de construction relativement fragile. De ce fait, il convient de conserver les fusibles dans leur emballage protecteur jusqu'à l'installation, et il convient de les manipuler avec autant de soin qu'un relais, un compteur ou autre composant similaire. Si les fusibles sont déjà mis en place dans le circuit-switcher fusible, il convient de les retirer temporairement durant l'installation.

## **11 Sécurité**

L'Article 11 de la CEI 62271-1:2007 est applicable.

## **12 Influence du produit sur l'environnement**

L'Article 12 de la CEI 62271-1:2007 s'applique avec le complément suivant.

Il convient de répertorier tout risque connu, chimique ou environnemental, lié au circuit-switcher fusible dans le manuel d'utilisation.

## Annexe A (informative)

### Applicabilité de la séquence d'essais au courant d'intersection assigné

#### A.1 Formulation du problème

La présente norme pour les circuit-switchers fusibles ne préconise pas d'essai de type pour vérifier le "pouvoir de coupure au courant de transition", comme dans la norme des combinés interrupteurs-fusibles.

Le pouvoir de coupure de courant de défaut du circuit-switcher seul est démontré en tant que courant d'intersection par un essai triphasé à la tension assignée, dans les conditions d'essais de T30 (CEI 62271-100). Ce courant d'essai est le courant d'intersection assigné  $I_{rto}$ . Il est exigé en 4.104 que le courant d'intersection assigné garantisse le pouvoir de coupure correct avec tout fusible ayant des caractéristiques de fusion inférieures à celles des fusibles utilisés pour démontrer le courant thermique assigné maximum.

Les calculs proposés dans la présente Annexe utilisent l'hypothèse d'un réseau à neutre relié non effectivement à la terre. Cette hypothèse conduit à considérer que le courant dans les deux phases restantes est réduit après qu'un premier fusible ait coupé, ce qui peut prolonger la durée de fusion des fusibles restants. En faisant cette hypothèse, on peut craindre que le circuit-switcher soit amené à couper les deux phases restantes dans des conditions qui ne sont pas clairement traitées par la présente norme.

L'objectif de cette annexe est de passer en revue l'étendue des applications que cet essai de courant d'intersection couvre, en prenant en considération les caractéristiques des fusibles et des relais de protection utilisés dans un circuit-switcher fusible.

Lorsqu'un réseau à neutre relié effectivement à la terre est utilisé, après qu'un premier fusible ait supprimé le défaut, le courant dans les deux phases restantes peut conserver la valeur du défaut triphasé. Dans ces conditions, l'exigence exprimée en 4.104 assure que les fusibles fondront avant qu'un quelconque dispositif de déclenchement ne puisse ouvrir le circuit-switcher. Il n'y a pas de préoccupation à avoir.

#### A.2 Contexte

Dans la présente norme, la performance au courant d'intersection est démontrée sur un courant de défaut triphasé, avec un essai de pouvoir de coupure triphasé. Il est nécessaire que la caractéristique temps-courant maximale de fusion reste en dessous du point (courant d'intersection assigné  $I_{rto}$  / durée minimale d'ouverture  $T_m$ ).

Le courant d'intersection est défini dans la CEI sans prendre en considération les différences entre les caractéristiques de fusion des trois fusibles. La valeur assignée démontrée  $I_{rto}$  est basée sur la caractéristique de fusible la plus lente acceptable. Les deuxièmes phases coupent  $0,866 \times I_{rto}$ .

Dans la CEI 62271-105, le courant de transition  $I_{transfer}$  est défini comme le courant auquel, sous l'action du percuteur, l'interrupteur se substitue aux fusibles pour assurer la coupure. Ceci arrive quand, après la fusion du premier fusible, l'interrupteur ouvre sous l'action du percuteur avant, ou au même instant que, la fusion du second fusible, du fait de la différence inévitable entre les durées de fusion des fusibles. La connaissance de cette différence,  $\Delta T$ , entre les durées de fusion des fusibles permet de la comparer avec le temps d'ouverture de l'interrupteur sous l'action du percuteur.

Si on introduit la possibilité de fusibles avec des caractéristiques différentes, alors on peut considérer un courant de défaut, supérieur au courant d'intersection assigné, qui amènerait rapidement la fusion d'un premier fusible (sur une courbe rapide) et, ensuite, la fusion d'un deuxième fusible avec un délai additionnel tel qu'un relais aurait pu déclencher le circuit-switcher entre temps. Cette situation n'est pas couverte par l'essai de type. Les secondes phases pourraient être interrompues par le circuit-switcher avec un courant supérieur à  $0,866 \times I_{rto}$ .

Les développements techniques de la présente Annexe examinent les limites d'une telle situation.

### A.3 Termes, définitions et symboles

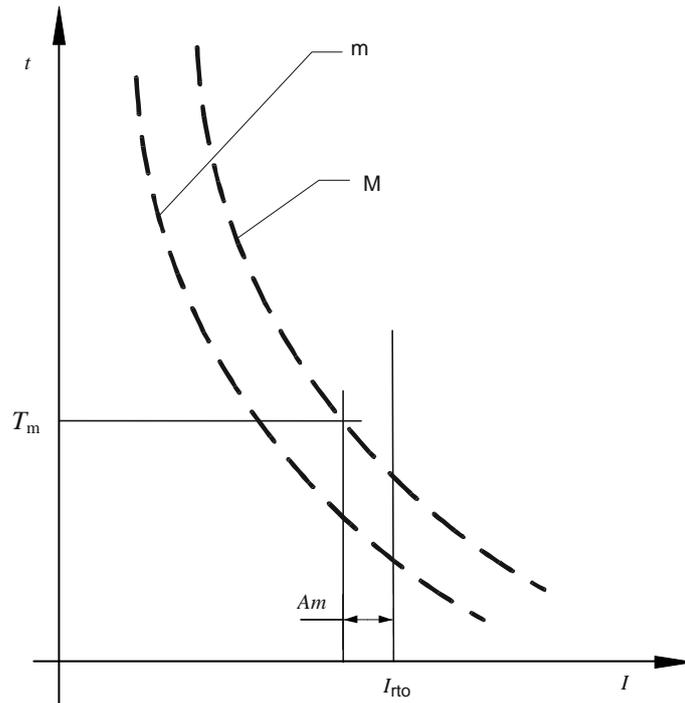
Pour les besoins de la présente Annexe, les termes, définitions et symboles suivants s'appliquent.

$I_{rto}$	courant d'intersection triphasé assigné; c'est aussi le pouvoir de coupure de courant de défaut du circuit-switcher, tel que démontré par l'essai de type
$I_p$	courant de court-circuit présumé correspondant à une application donnée
$I_1$	courant de court-circuit dans les trois phases, avant la coupure du premier pôle
$I_2$	courant de court-circuit dans les deuxième et troisième pôles après coupure par le premier pôle

NOTE  $I_1 = I_p$  et  $I_2 = I_p \times \sqrt{3}/2$ .

$I_{sup}$	courant au-delà duquel il est inutile de temporiser les relais de protection
$Am$	facteur de marge applicative: rapport entre le courant d'intersection triphasé assigné du circuit-switcher et le courant de fusion maximum des fusibles pour une durée égale à la durée minimale d'ouverture du circuit-switcher (voir Figure A.1)
$T_m$	durée minimale d'ouverture du circuit-switcher
$t_r$	durée minimale de fonctionnement des protections – elle peut dépendre de la valeur du courant présumé (selon courbe de protection) – si plusieurs protections sont installées (relais à maximum de courant, relais différentiel, relais de Buchholz, dispositif de détection d'arc), la durée minimale de la protection la plus rapide est prise en considération
$t_1$	durée de pré-arc du premier fusible à fondre (premier pôle) si le courant n'est pas interrompu par le circuit-switcher
$t_2$	durée de pré-arc du deuxième fusible à fondre (deuxième pôle) si le courant n'est pas interrompu par le circuit-switcher
$\alpha$	pente de la caractéristique de pré-arc temps/courant des fusibles
$C$	paramètre de la caractéristique de pré-arc temps/courant des fusibles
$x$	marge en courant entre les caractéristiques la plus lente et la plus rapide

NOTE Les paramètres  $\alpha$ ,  $C$  et  $x$  sont ceux qui sont utilisés dans la CEI 62271-105.



IEC 1026/12

**Légende**

M caractéristique lente de fusion temps-courant du fusible

m caractéristique rapide de fusion temps-courant du fusible

**Figure A.1 – Visualisation de la marge applicative pour un fusible donné**

**A.4 Hypothèses sur le mode de fusion du fusible**

**A.4.1 Généralités**

Les hypothèses sont les mêmes que celles utilisées dans la CEI 62271-105.

**A.4.2 Première phase**

Dans la zone considérée, une droite dans un diagramme log-log fournit une approximation de la caractéristique de pré-arc temps/courant du fusible, donc pour le fusible rapide:

$$I_1^\alpha \times t_1 = C \tag{A.1}$$

où

$I_1$  est la valeur efficace du courant présumé;

$t_1$  est la durée de pré-arc sur la caractéristique de fusion "rapide".

**A.4.3 Deuxième phase**

Les deux autres fusibles ont une caractéristique plus lente; le courant de fusion est augmenté d'un facteur  $(1+x)$ ; la caractéristique de pré-arc devient alors

$$[I/(1+x)]^\alpha \times t = C$$

mais le courant est égal à  $I_1$  dans la période  $[0, t_1]$  et à  $I_2$  dans la période  $[t_1, t_2]$ ;  $t_2$  étant la durée de fusion totale du fusible 2.

NOTE Cela est conservatoire car on néglige le fait que le courant ne passe pas immédiatement de  $I_1$  à  $I_2$  quand l'arc débute dans le premier fusible; cela amène à surestimer  $t_2$ .

On considère que la fusion du deuxième fusible est régie par l'équation:

$$[I_1/(1+x)]^\alpha \times t_1 + [I_2/(1+x)]^\alpha \times (t_2 - t_1) = C \quad (\text{A.2})$$

#### A.4.4 Modélisation de la "marge applicative"

Par définition, on a 
$$[(I_{rto} / Am)/(1+x)]^\alpha \times T_m = C \quad (\text{A.3})$$

Cela établit un lien entre le courant d'intersection assigné du circuit-switcher ( $I_{rto}$ ) et les caractéristiques des fusibles.

### A.5 Expression mathématique des exigences de l'application

#### A.5.1 Généralités

A partir d'un courant présumé donné, on va déterminer dans quelles conditions les contraintes des premier et deuxième pôles qui coupent sont couvertes par l'essai de type. L'analyse pratique et la synthèse de ces conditions mathématiques sont fournies à l'article suivant.

#### A.5.2 Premier pôle qui coupe

Tout courant supérieur à  $I_{to}$  doit être coupé par le fusible et non par le circuit-switcher: la somme de la durée minimale d'ouverture et du temps de fonctionnement minimal de la protection doit être supérieure à la durée d'arc dans le fusible lent (caractéristique du temps de coupure maximal des fusibles)

$$T_m + t_r(I_p) \geq C \times [I_p/(1+x)]^\alpha \text{ pour } I_p > I_{rto} \quad (\text{A.4})$$

Comme  $t_r(I_p)$  est nécessairement  $\geq 0$ , une condition suffisante est que la relation soit déjà satisfaite pour  $t_r = 0$ . Alors, en utilisant la relation (A.3) pour faire le lien avec la "marge applicative" ( $Am$ ), la condition devient:

$$T_m \geq T_m / Am^\alpha \quad (\text{A.5})$$

qui est vraie pour  $Am \geq 1$  (ce qui est obligatoire).

#### A.5.3 Deuxième pôle qui coupe

##### A.5.3.1 Généralités

Il convient que le courant coupé par le second pôle ne soit pas supérieur à  $I_{rto} \times \sqrt{3}/2$  car c'est la valeur de courant coupé par le second pôle lors de l'essai de type. Le cas limite est atteint quand le courant présumé est tel que l'arc dans le second fusible commence à l'instant de la séparation des contacts du circuit-switcher.

Deux cas sont à considérer.

### A.5.3.2 Ouverture du circuit-switcher déclenchée par le percuteur

Le cas limite correspond à

$$T_m = t_2 - t_1 \quad (\text{A.6})$$

Ceci se produit lorsque le temps supplémentaire maximal nécessité par le deuxième fusible pour fondre est égal à la durée d'ouverture du circuit-switcher: l'arc commence simultanément dans le second fusible et dans le circuit-switcher. Si le courant présumé est inférieur à celui qui correspond à cette situation, le circuit-switcher peut avoir à couper le courant du second pôle. Ce n'est pas un problème si cette situation est couverte par l'essai de type, c'est-à-dire si le courant présumé correspondant au cas limite est inférieur au pouvoir de coupure démontré du circuit-switcher ( $I_{rto}$ ).

En utilisant et en combinant les formules (A.1), (A.2), (A.3), (A.5) et (A.6), on obtient que dans le cas limite,

Il conviendrait que

$$\frac{I_p}{I_{rto}} = \frac{1}{Am} \times \frac{[(1+x)^\alpha - 1]^{1/\alpha}}{0,866 \times (1+x)} \leq 1 \quad (\text{A.7})$$

NOTE 0,866 =  $\sqrt{3}/2$ .

### A.5.3.3 Ouverture du circuit-switcher déclenchée par un relais de protection

Le cas limite apparaît quand:

$$T_m + t_r = t_2 \quad (\text{A.8})$$

Ceci se produit lorsque le temps total maximum nécessité par le second fusible pour fondre est égal à la durée d'ouverture du circuit-switcher, augmentée du temps de fonctionnement de la protection puisque l'ouverture est déclenchée par la protection; alors, l'arc commence simultanément dans le second fusible et dans le circuit-switcher.

Si le relais a un fonctionnement dépendant du temps, les deux membres de la formule (A.8) dépendent du courant présumé  $I_p$ . On doit alors vérifier que l'on est placé du côté sûr pour toutes les valeurs de courant présumé considérées.

$$T_m + t_r(I_p) \geq t_2(I_p) \quad (\text{A.9})$$

La condition (A.9) doit être vérifiée dans une gamme étroite de courants présumés:

- Limite basse: pour les courants présumés plus petits que  $I_{rto}$ , il n'y a pas de problème car cette situation est couverte par l'essai de type.
- Limite haute: comme  $t_r(I_p)$  est nécessairement non négatif, et aussi parce que  $t_2(I_p)$  est une fonction décroissante de  $I_p$ , la condition (A.9) est automatiquement vérifiée pour les courants présumés supérieurs au courant présumé correspondant à:

$$T_m = t_2(I_p).$$

On appelle ce courant  $I_{sup}$ .

Comme  $t_r(I_p)$  et  $t_2(I_p)$  sont deux fonctions décroissantes de  $I_p$ , une condition suffisante est que

$$t_r(I_{sup}) \geq t_2(I_{rto}) - T_m \quad (\text{A.10})$$

Noter que si  $I_{sup} < I_{rto}$ , la condition (A.10) est toujours vérifiée.

La formule (A.10) est la formule principale pour l'application: elle détermine le temps de fonctionnement minimal de la protection de façon à couvrir l'application.

On a besoin d'exprimer la relation  $t_2(I_p)$ :

En utilisant (A.1) et (A.2), on obtient:

$$t_2 = \frac{C}{I_p^\alpha} \times \left\{ \left[ \frac{(1+x)^{\alpha-1}}{0,866^\alpha} \right] + 1 \right\} \quad (\text{A.11})$$

Cette équation peut être particularisée pour trouver  $I_{\text{sup}}$ , en exprimant que pour cette valeur du courant présumé,  $t_2 = T_m$  et en utilisant (A.3) pour établir le lien avec la marge applicative  $Am$ :

$$\frac{I_{\text{sup}}}{I_{\text{rto}}} = \frac{1}{Am \times (1+x)} \times \left[ \frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,866^\alpha} + 1 \right]^{1/\alpha} \quad (\text{A.12})$$

Finalement, en utilisant la formule (A.3) qui lie  $I_{\text{rto}}$  avec  $C$  et  $T_m$ , on détermine la formule qui sera d'utilisation pratique pour calculer le temps de fonctionnement minimal de la protection dans la gamme de courants  $[I_{\text{rto}}, I_{\text{sup}}]$ :

$$t_r \geq T_m \times \left\{ \frac{1}{Am^\alpha \times (1+x)^\alpha} \times \left[ 1 + \frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,866^\alpha} \right] - 1 \right\} \quad (\text{A.13})$$

On peut voir dans cette équation que l'augmentation du facteur de marge applicative ( $Am$ ) peut annuler le besoin d'avoir une temporisation sur la protection.

## A.6 Analyse

### A.6.1 Application avec des percuteurs

Si un circuit-switcher fusible est équipé de mécanismes de déclenchement par percuteurs, il convient de satisfaire à la condition (A.7).

À condition que le la durée minimale d'ouverture  $T_{\text{min}}$  mentionnée en 4.104 considère le mode de fonctionnement du percuteur, la marge applicative est  $\geq 1$  pour tout circuit-switcher fusible (obligatoire d'après 4.104).

**Tableau A.1 – Marge applicative minimale  $Am$  selon les caractéristiques des fusibles**

$Am$	$\alpha$			
	5	4	3	2
X				
0,30	1,084	1,037	0,943	0,738
0,20	1,042	0,980	0,866	0,638
0,15	1,006	0,934	0,808	0,570
0,10	0,951	0,866	0,726	0,481
0,05	0,850	0,749	0,594	0,352

On peut déterminer d'après (A.7) une marge applicative minimale en fonction des caractéristiques des fusibles  $x$  et  $\alpha$ . Voir le Tableau A.1.

On peut voir qu'un facteur de marge applicative de 1 est suffisant.

Pour rappel, les conditions utilisées pour le courant de transition dans la CEI 62271-105 (combinés interrupteurs-fusibles) sont  $x$  égal à 0,13 et  $\alpha$  égal à 4. De telles conditions sont de fait couvertes par la présente norme sans essai de type spécifique.

### A.6.2 Applications avec relais de protection

Les conditions (A.4) et (A.13) s'appliquent.

La condition (A.13) autorise de définir un temps de fonctionnement minimal de la protection en fonction de la marge applicative, pour des valeurs particulières des caractéristiques de fusibles; voir le Tableau A.2.

**Tableau A.2 – Temps de fonctionnement minimal du relais**

Ligne	Min $t_r/T_m$	$Am$	$X$	$\alpha$
1	3,111	0,75	0,13	4
2	0,301	1,00	0,13	4
3	-0,008	1,07	0,13	4
4	0,403	1,00	0,2	4
5	-0,006	1,09	0,2	4

La première ligne illustre que les facteurs de marge applicative  $< 1$  devraient nécessiter une temporisation dédiée du relais pour assurer un fonctionnement correct.

L'exigence de la présente norme pour  $Am \geq 1$  éclaircit ce point. De ce fait, la condition (A.4) est également vérifiée.

Pour les applications usuelles:

- avec  $Am = 1$ , on peut voir (lignes 2 et 4) qu'il convient d'imposer une temporisation de la protection, jusqu'à  $0,5 T_m$ , pour assurer une couverture complète des situations étudiées ici;
- pour  $Am \geq 1,1$ , il n'y a plus besoin de temporisation spécifique de la protection.

Gamme de courant pour laquelle une temporisation de la protection est nécessaire: la relation (A.12) fournit  $I_{sup}/I_{rto}$  pour le cas  $Am = 1$ , pour des caractéristiques de fusibles types. Voir le Tableau A.3.

**Tableau A.3 – Exemples de besoins possibles de temporisation**

Ligne	$I_{\text{sup}}/I_{\text{rto}}$	$Am$	$x$	$\alpha$
1	1,068	1,00	0,13	4
2	1,082	1,00	0,13	5
3	1,088	1,00	0,2	4
4	1,139	1,00	0,5	5

On remarque que, si la durée minimale de fonctionnement de la protection s'applique pour une gamme de courant de 100 % à 120 % du courant d'intersection assigné du circuit-switcher fusible, il n'y en a pas besoin pour une marge applicative > 1.

## A.7 Conclusions

Le courant de transition, comme défini pour les combinés, est couvert dans la présente norme par le courant d'intersection assigné et les essais de type associés.

Lors de l'utilisation de fusibles de forts calibres, avec de courbes très proches du maximum autorisé pour le circuit-switcher fusible, une durée minimale de fonctionnement, jusqu'à la moitié de la durée minimale d'ouverture du circuit-switcher, peut être nécessaire pour la protection afin de se prémunir contre certaines situations exceptionnelles.

## Bibliographie

- [1] IEEE C37.016 *IEEE Standard for AC High Voltage Circuit Switchers rated 15.5 kV through 245 kV* (disponible en anglais seulement)
  - [2] CEI/TR 60787, *Guide d'application pour le choix des éléments de remplacement limiteurs de courant à haute tension destinés à être utilisés dans les circuits comprenant des transformateurs*
  - [3] CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)
-



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)