

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above
1 kV up to and including 52 kV**

**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**



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
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

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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

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

A propos de 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

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

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

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

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



IEC 62271-105

Edition 2.0 2012-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above
1 kV up to and including 52 kV**

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-83220-401-6

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 General	7
1.1 Scope.....	7
1.2 Normative references	8
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	10
3.7 Characteristic quantities	10
3.101 Fuses	14
4 Ratings.....	15
4.1 Rated voltage (U_r)	15
4.2 Rated insulation level	15
4.3 Rated frequency (f_r).....	15
4.4 Rated normal current and temperature rise	15
4.4.1 Rated normal current (I_r)	15
4.4.2 Temperature rise	15
4.5 Rated short-time withstand current (I_k)	15
4.6 Rated peak withstand current (I_p)	15
4.7 Rated duration of short-circuit (t_k).....	15
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits (U_a).....	16
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits.....	16
4.10 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	16
4.11 Rated filling levels for insulation and/or operation	16
4.101 Rated short-circuit breaking current	16
4.102 Rated transient recovery voltage	16
4.103 Rated short-circuit making current	16
4.104 Rated transfer current (striker operation) ($I_{rtransfer}$)	17
4.105 Rated take-over current for release-operated combinations (I_{t0})	17
5 Design and construction	17
5.1 Requirements for liquids in switch-fuse combinations	17
5.2 Requirements for gases in switch-fuse combinations	17
5.3 Earthing of switch-fuse combinations	17
5.4 Auxiliary and control equipment	17
5.5 Dependent power operation	17
5.6 Stored energy operation	17
5.7 Independent manual or power operation (independent unlatched operation)	17
5.8 Operation of releases	17
5.9 Low- and high-pressure interlocking and monitoring devices.....	17
5.10 Nameplates	17

5.11	Interlocking devices	18
5.12	Position indication	18
5.13	Degrees of protection provided by enclosures.....	18
5.14	Creepage distances for outdoor insulators	18
5.15	Gas and vacuum tightness.....	19
5.16	Liquid tightness	19
5.17	Fire hazard (flammability)	19
5.18	Electromagnetic compatibility (EMC).....	19
5.19	X-ray emission.....	19
5.20	Corrosion.....	19
5.101	Linkages between the fuse striker(s) and the switch release.....	19
5.102	Low over-current conditions (long fuse-pre-arcing time conditions)	19
6	Type tests	20
6.1	General	20
6.1.1	Grouping of tests	20
6.1.2	Information for identification of specimens	21
6.1.3	Information to be included in the type-test reports.....	21
6.2	Dielectric tests.....	21
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests	21
6.4	Measurement of the resistance of circuits	21
6.5	Temperature-rise tests.....	21
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	21
6.7	Verification of the protection	21
6.8	Tightness tests	21
6.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	21
6.10	Additional tests on auxiliary and control circuits.....	21
6.11	X-radiation test procedure for vacuum interrupters.....	22
6.101	Making and breaking tests	22
6.101.1	General.....	22
6.101.2	Conditions for performing the tests.....	22
6.101.3	Test-duty procedures	28
6.101.4	Behaviour of the combination during tests.....	33
6.101.5	Condition of the apparatus after testing.....	33
6.102	Mechanical operation tests	34
6.103	Mechanical shock tests on fuses.....	34
6.104	Thermal test with long pre-arcing time of fuse.....	35
6.105	Extension of validity of type tests.....	35
6.105.1	Dielectric.....	35
6.105.2	Temperature rise.....	35
6.105.3	Making and breaking.....	35
7	Routine tests	36
7.101	Mechanical operating tests	36
8	Guide for the selection of switch-fuse combinations.....	36
8.1	Selection of rated values	36
8.2	Continuous or temporary overload due to changed service conditions	37
8.101	Guide for the selection of switch-fuse combination for transformer protection.....	37
8.101.1	General.....	37
8.101.2	Rated short-circuit breaking current	37

8.101.3 Primary fault condition caused by a solid short-circuit on the transformer secondary terminals	37
8.102 Coordination of switch and fuses for extension of the reference list	38
8.102.1 General.....	38
8.102.2 Rated normal current	38
8.102.3 Low over-current performance	39
8.102.4 Transfer current	39
8.102.5 Take-over current.....	39
8.102.6 Extension of the validity of type tests	39
8.103 Operation	39
9 Information to be given with enquiries, tenders and orders	40
9.1 Information with enquiries and orders	40
9.2 Information with tenders	40
10 Transport, storage, installation, operation and maintenance	40
11 Safety.....	41
12 Influence of the product on the environment	41
Annex A (informative) Example of the coordination of fuses, switch and transformer.....	42
Annex B (normative) Procedure for determining transfer current	45
Annex C (normative) Tolerances on test quantities for type tests	50
Bibliography.....	51
Figure 1 – Arrangement of test circuits for test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax}	23
Figure 2 – Arrangement of test circuits for test-duty $TD_{Itransfer}$	24
Figure 3 – Arrangement of test circuits for test-duty TD_{Ito}	24
Figure 4 – Determination of power-frequency recovery voltage	26
Figure 5 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line	27
Figure 6 – Example of a two-parameter reference line for a TRV	28
Figure 7 – Characteristics for determining take-over current	32
Figure 8 – Transfer current in relation to the primary fault current I_{sc} due to a solid short circuit in the transformer secondary terminal.....	38
Figure A.1 – Characteristics relating to the protection of an 11 kV – 400 kVA transformer	43
Figure A.2 – Discrimination between HV and LV fuses	44
Figure B.1 – Practical determination of the transfer current.....	46
Figure B.2 – Determination of the transfer current with the iterative method.....	48
Table 1 – Nameplate markings.....	18
Table 2 – Standard values of prospective TRV for test-duty $TD_{Itransfer}$ based on practice in Europe.....	30
Table 3 – Standard values of prospective TRV for test-duty $TD_{Itransfer}$ based on practice in the United States of America and Canada.....	31
Table 4 – Summary of test parameters for test duties	32
Table C.1 – Tolerances on test quantities for type tests	50

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 105: Alternating current switch-fuse combinations
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 62271-105 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 of IEC 62271-105, published in 2002, and constitutes a technical revision.

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

- implementation of figures at the place where they are cited first;
- renumbering of tables;
- addition of some of the proposals from IEC paper 17A/852/INF;
- addition of missing subclauses of IEC 62271-1;
- implementation of 6.105 "Extension of validity of type tests" and consequently removing of the relevant parts in the different existing clauses;

- change of 7th paragraph of 6.101.4 as there is now a definition of NSDD given in 3.7.4 of IEC 62271-1:2007. Harmonization with IEC 62271-107;
- some referenced clauses in other standards like IEC 60282-1 were changed and therefore changed the editions under 1.2 to the ones referred to;
- addition of a new Annex C defining tolerances.

The text of this standard is based the following documents:

FDIS	Report on voting
17A/1013/FDIS	17A/1022/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 standard is to be read in conjunction with IEC 62271-1:2007, to which it refers and which is applicable, unless otherwise specified in this standard. 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 parts in the IEC 62271 series, published 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 stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 105: Alternating current switch-fuse combinations 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 units for public and industrial distribution systems which are functional assemblies of switches including switch-disconnectors and current-limiting fuses designed so as to be capable of

- breaking, at the rated recovery voltage, any 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.

It does not apply to fuse-circuit-breakers, fuse-contactors, combinations for motor-circuits or to combinations incorporating single capacitor bank switches.

In this standard, the word “combination” is used for a combination in which the components constitute a functional assembly. Each association of a given type of switch and a given type of fuse defines one type of combination.

In practice, different types of fuses may be combined with one type of switch, which give several combinations with different characteristics, in particular concerning the rated currents. Moreover, for maintenance purposes, the user should know the types of fuses that can be combined to a given switch without impairing compliance to the standard, and the corresponding characteristics of the so-made combination.

A switch-fuse combination is then defined by its type designation and a list of selected fuses is defined by the manufacturer, the so-called “reference list of fuses”. Compliance with this standard of a given combination means that every combination using one of the selected fuses is proven to be in compliance with this standard.

The fuses are incorporated in order to extend the short-circuit breaking rating of the combination beyond that of the switch alone. They are fitted with strikers in order both to open automatically all three poles of the switch on the operation of a fuse and to achieve a correct operation at values of fault current above the minimum melting current but below the minimum breaking current of the fuses. In addition to the fuse strikers, the combination may be fitted with either an over-current release or a shunt release.

NOTE 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 combinations 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.

Fuses are covered by IEC 60282-1.

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

Switches, including their specific mechanism, shall be in accordance with IEC 62271-103 except for the short-time current and short-circuit making requirements where the current-limiting effects of the fuses are taken into account.

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

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

Subclause 1.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

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

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

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*

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 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

3.4.101**switch-fuse combination**

combination of a three-pole switch with three fuses provided with strikers, the operation of any striker causing all three poles of the switch to open automatically

Note 1 to entry: The switch-fuse combination includes fuse-switch combination.

3.4.102**switch-fuse combination base****combination base**

switch-fuse combination without fuse-links mounted

3.4.103**switch-fuse**

switch in which one or more poles have a fuse in series in a composite unit

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-14-14]

3.4.104**fuse-switch**

switch in which a fuse-link or a fuse-carrier with fuse-link forms the moving contact

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-14-17]

3.4.105**switch-disconnector**

switch which, in the open position, satisfies the isolating requirements specified for a disconnector

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-14-12]

3.4.106**release operated combination**

combination in which automatic opening of the switch can also be initiated by either an over-current release or a shunt release

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** (of a mechanical switching device)

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

Note 1 to entry: This value can in some cases depend upon the rate-of-rise of current.

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

3.5.103**shunt release**

release energized by a source of voltage

Note 1 to entry: The source of voltage may be independent of the voltage of the main circuit.

[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 a mechanical switching device)

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 a mechanical switching device)

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

Note 1 to entry: This kind of operation may be subdivided according to:

- a) The manner of storing the energy (spring, weight, etc.);
- b) The origin of the energy (manual, electric, etc.);
- c) The manner of releasing the energy (manual, electric, etc.).

[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

Note 1 to entry: The method to be used to evaluate and to express the prospective current is to be specified in the relevant publications.

[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 (of an a.c. circuit)

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 (for a pole of a switching device or a fuse)

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 (of a switching device or a fuse)

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

cut-off current

let-through current (of a fuse)

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]

3.7.109

transfer current (striker operation)

I_{transfer}

value of the three-phase symmetrical current at which the fuses and the switch exchange breaking duties

Note 1 to entry: Above this value the three-phase current is interrupted by the fuses only. Immediately below this value, the current in the first-pole-to-clear is interrupted by the fuse and the current in the other two poles by the switch, or by the fuses, depending on the tolerances of the fuse time current characteristic and the fuse-initiated opening time of the switch.

3.7.110

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]

3.7.111

minimum take-over current (of a release-operated combination)

current determined by the point of intersection of the time-current characteristics of the fuse and the switch corresponding to

- a) the maximum break time plus, where applicable, the maximum operating time of an external over-current or earth-fault relay,
- b) the minimum pre-arcing time of the fuse

3.7.112

maximum take-over current (of a release-operated combination)

current determined by the point of intersection of the time-current characteristics of the fuse and the switch corresponding to:

- a) the minimum break time plus, where applicable, the minimum operating time of an external over-current or earth-fault relay,
- b) the maximum pre-arcing time of the fuse

3.7.113

fused short-circuit current

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

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

3.7.114

applied voltage (for a switching device)

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]

3.7.115

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]

3.7.116

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]

3.7.117

power-frequency recovery voltage

recovery voltage after the transient voltage phenomena have subsided

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

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

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]

3.7.119**fuse-initiated opening time** (of the switch-fuse combination)

time taken from the instant at which arcing in the fuse commences to the instant when the arcing contacts of the switch of the combination have separated in all poles (including all elements influencing this time)

3.7.120**release-initiated opening time** (of the switch-fuse combination)

release-initiated opening time is defined according to the tripping method as stated below with any time-delay device forming an integral part of the switch adjusted to a specified setting:

- a) for a switch tripped by any form of auxiliary power, interval of time between the instant of energizing the opening release, the switch being in the closed position, and the instant when the arcing contacts have separated in all poles;
- b) for a switch tripped (other than by the striker) by a current in the main circuit without the aid of any form of auxiliary power, interval of time between the instant at which, the switch being in the closed position, the current in the main circuit reaches the operating value of the over-current release and the instant when the arcing contacts have separated in all poles

3.7.121**minimum release-initiated opening time** (of the switch-fuse combination)

release-initiated opening time when the specified setting of any time-delay device forming an integral part of the switch is its minimum setting

3.7.122**maximum release-initiated opening time** (of the switch-fuse combination)

release-initiated opening time when the specified setting of any time-delay device forming an integral part of the switch is its maximum setting

3.7.123**break-time**

interval of time between the beginning of the opening time of a mechanical switching device (or the pre-arcing time of a fuse) and the end of the arcing time

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-17-39]

3.7.124**arcing time** (of a pole or a fuse)

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-17-37]

3.101 Fuses

3.101.1

reference list of fuses

list of fuses defined by the manufacturer for a given type of switch-fuse combination base, for which compliance to the present standard of all corresponding switch-fuse combinations is assessed

Note 1 to entry: This list can be updated. Conditions for extending the validity of the type tests are given in 6.105 and 8.102.

3.101.2

fuse-base

fuse mount

fixed part of a fuse provided with contacts and terminals

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

3.101.3

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]

3.101.4

pre-arcing time

melting time

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-18-21]

3.101.5

operating time

total clearing time

sum of the pre-arcing time and the arcing time

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-18-22]

3.101.6

arcing time (of a pole or a fuse)

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2007, 441-17-37]

3.101.7

I^2t

Joule integral

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

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

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 A²s.

[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 the following ratings apply:

- a) rated short-circuit breaking current,
- b) rated transient recovery voltage,
- c) rated short-circuit making current,
- d) rated transfer current for striker operation,
- e) rated take-over current for a release-operated combination.

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.

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 applicable with the following addition:

The rated normal current applies to the complete combination, made of the combination base and the selected fuses.

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

4.4.2 Temperature rise

Subclause 4.4.2 of IEC 62271-1:2007 is applicable and, as far as fuses are concerned, IEC 60282-1.

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

The rated short-circuit breaking current is the highest prospective short-circuit current which the combination 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 combination 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.

NOTE 1 The R10 series comprises the numbers: 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products by 10^n

NOTE 2 It is recognized that the series impedance of the combination or rapid operation of the fuses or switch may cause 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.

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 combination shall be capable of breaking in the event of a short circuit.

For the parameters of the prospective transient recovery voltage, IEC 60282-1 applies.

4.103 Rated short-circuit making current

The rated short-circuit making current is the highest prospective peak current which the combination 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 combination. It shall be 2,5 times (50 Hz) or 2,6 times (60 Hz) the value of the rated short-circuit breaking current.

NOTE See also the note in 4.101.

4.104 Rated transfer current (striker operation) (I_{transfer})

The rated transfer current is the maximum r.m.s. value of the transfer current which the switch in the combination is able to interrupt.

4.105 Rated take-over current for release-operated combinations (I_{to})

The rated take-over current is the maximum r.m.s. value of the take-over current which the switch in the combination is able to interrupt.

5 Design and construction**5.1 Requirements for liquids in switch-fuse combinations**

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

5.2 Requirements for gases in switch-fuse combinations

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

5.3 Earthing of switch-fuse combinations

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 with the following addition:

Dependent manual operation is not allowed.

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 with the following addition:

NOTE The switch-fuse combination is able to break the fault current, without need to time delay.

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 is applicable with the following addition:

The nameplate of a switch-fuse combination shall contain information according to Table 1.

Table 1 – Nameplate markings

(1)	Abbreviation (2)	Unit (3)	Switch-fuse combination (4)	Operating device (5)	Condition for marking required (6)
Manufacturer			X	Y	Only if not integral with the combination and/or if manufacturers are different
Type designation			X	Y	Only if not integral with the combination and/or if manufacturers are different
Serial number			X	(Y)	Only if not integral with the combination and/or if manufacturers are different
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 normal current with fuses	See reference list		X		
Rated filling pressure for operation	P_{rm}	MPa		Y	When applicable
Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits	U_a	V		Y	When applicable
Year of manufacture			X		
Temperature class			Y		Different from –5 °C indoors –25 °C outdoors
Insulating fluid and mass		kg	Y		When applicable
X The marking of these values is mandatory; blank spaces indicate zero values. Y The marking of these values is mandatory, subject to the conditions in column (6). (Y) The marking of these values is optional and subject to the conditions in column (6). NOTE The abbreviations in column (2) may be used instead of the terms in column (1). When the terms in column (1) are used, the word “rated” need not appear.					

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 provided 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 switch release

The linkages between the fuse striker(s) and the switch release shall be such that the switch operates satisfactorily under both three-phase and single-phase 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)

The switch-fuse combination shall be designed so that the combination will perform satisfactorily at all values of breaking current from the rated maximum breaking current of the fuse down to the minimum melting current under low over-current conditions. This is achieved by compliance with the following:

a) time coordination between switch and fuse is provided by either 1), 2) or 3) below:

- 1) the fuse-initiated opening time of the switch-fuse combination shall be shorter than the maximum arcing time the fuse can withstand as specified in IEC 60282-1,

NOTE New tests have been introduced in IEC 60282-1 in order to assess that the maximum arcing withstand time of the fuse under long pre-arcing conditions 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 the rated maximum breaking current of the fuse down to the rated minimum melting current of the fuse in the combination (i.e. full range fuses) then the fuse-initiated opening time of the switch-fuse combination is deemed not relevant,
- 3) where it can be shown that the thermal release of the fuse striker makes the switch 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 combination as proven by the test described in 6.104.

6 Type tests

Clause 6 of IEC 62271-1:2007 is applicable, with the additions and exceptions indicated below.

NOTE All tolerances are defined in Annex C.

6.1 General

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2007 is replaced as follows:

The purpose of type tests is to prove the characteristics of switch-fuse combinations, their operating devices and their operating equipment.

It is required that the switch of the combination had been tested as an individual component for compliance with IEC 62271-103, except for the short-time withstand current and short-circuit making current requirements, because these parameters will be influenced by the fuses.

Furthermore, it is understood that the fuses have been tested to the requirements of IEC 60282-1.

Type tests include:

- dielectric tests;
- temperature-rise tests;
- measurement of the resistance of the main circuit;
- tests to prove the ability of the combination 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;
- electromagnetic compatibility tests.

For combinations, three groups of tests are involved:

- a) tests on the switch in accordance with IEC 62271-103; these tests may be carried out on a combination other than that used for tests c);
- b) tests on the fuse in accordance with IEC 60282-1;
- c) tests on the combination in accordance with this standard.

In the case of a fuse-switch, the tests of IEC 62271-103 and the tests of 6.102 of this standard shall be carried out after replacing, as specified, the fuses with solid links of the same shape, dimension and mass as that of the fuses.

The combination submitted for test shall be in new condition with clean contact parts and fitted with the appropriate fuses.

6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 62271-1:2007 is applicable with the following additions:

- Short-circuit making and breaking tests may be performed on an additional specimen;
- Additional test samples may be used for additional type tests.

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 the 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 additions:

6.2.9 Partial discharge tests

Subclause 6.2.9 of IEC 62271-1:2007 is replaced by the following:

No partial discharge tests are required on the complete combination. However, components shall comply in this respect with their relevant IEC standards.

6.3 Radio interference voltage (r.i.v.) tests

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2007 is applicable.

6.4 Measurement of the resistance of circuits

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

Solid links of negligible resistance shall be used instead of fuses and the resistance of the links shall be recorded.

6.5 Temperature-rise tests

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

The temperature-rise tests of the combination shall be carried out at the rated normal currents of the combination with all fuses of the reference list. However, the number of tests may be reduced by applying the criteria of 6.105.2.

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 62271-103:2011 is applicable.

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 lower than used in the switch-fuse combination.

6.101 Making and breaking tests

6.101.1 General

This clause contains four test duties:

- TD_{Isc} : making and breaking tests at the rated short-circuit current;
- TD_{IWmax} : making and breaking tests at the maximum breaking I^2t ;
- $TD_{Itransfer}$: breaking tests at the rated transfer current;
- TD_{Ito} : breaking test at the rated take-over current.

6.101.2 Conditions for performing the tests

6.101.2.1 Condition of the combination before testing

The combination 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 combination shall be operated at a voltage or gas pressure within the tolerances specified for 4.8 and 4.10 of IEC 62271-1:2007, chosen so as to obtain the highest contact speed at contact separation and maximum arc extinguishing properties.

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

Combinations with independent manual operation may be operated by an arrangement provided for the purpose of making remote control possible.

Due consideration shall be given to the choice of the live side connections. When the combination is intended for power supply from either side, and the physical arrangement of one side of the break, or breaks, of the combination differs from that of the other side, the live side of the test circuit shall be connected to the side of the combination 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 fuses selected for the tests shall be chosen so that the result of the test duties are deemed valid for all combinations made of the same combination base and any fuse of the reference list. For the tests of take over current of release-operated combinations, over-current relays or releases (where fitted) shall be of the lowest release-initiated opening time associated with these fuses. The tests shall be carried out at ambient temperature and without previous loading, unless otherwise specified.

6.101.2.2 Test frequency

Combinations shall be tested at rated frequency with a tolerance of $\pm 8\%$. However, for convenience of testing, some deviations from the above tolerance are allowed; for example, when combinations rated at 50 Hz are tested at 60 Hz and vice versa, care should be taken in the interpretation of the results, taking into account all significant facts such as the type of the combination and the type of tests performed.

In some cases, the rated characteristics of a combination when used on a 60 Hz system may be different from its rated characteristics when used on a 50 Hz system.

6.101.2.3 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.

During the tests, the average value shall conform to the values given in 6.101.3.1, 6.101.3.2, 6.101.3.3 and 6.101.3.4.

6.101.2.4 Arrangement of test circuits

For test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax} , the combination shall preferably be connected in a circuit having the neutral point of the supply isolated and the neutral point of the three-phase short-circuit earthed, as shown in Figure 1a. When the neutral point of the test supply cannot be isolated, it shall be earthed and the three-phase short-circuit point shall be isolated as shown in Figure 1b.

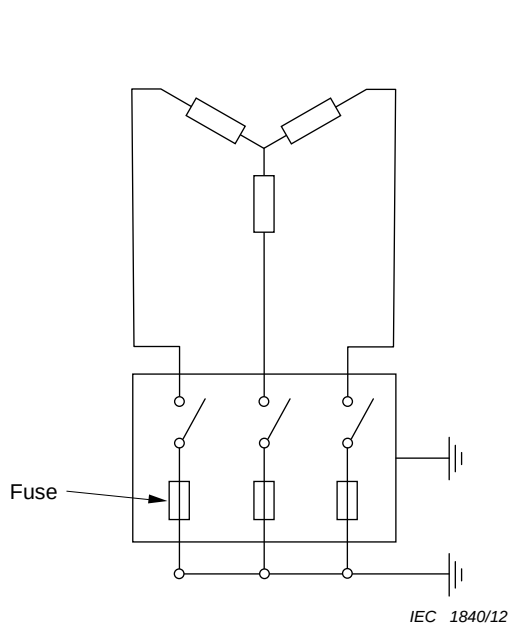


Figure 1a – Preferred earth point

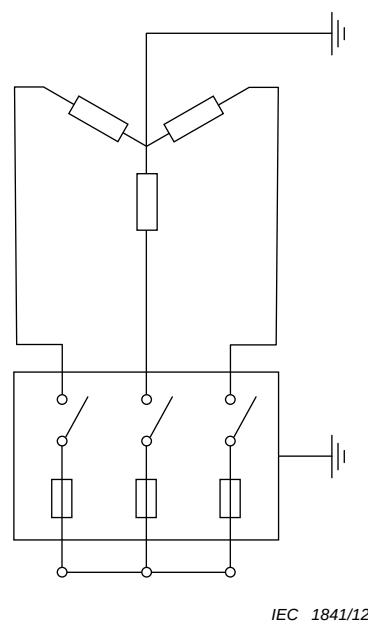


Figure 1b – Alternative earth point

Figure 1 – Arrangement of test circuits for test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax}

For test duties $TD_{Itransfer}$ and TD_{Ito} , the combination shall be connected in a circuit as shown in Figures 2 and 3, respectively.

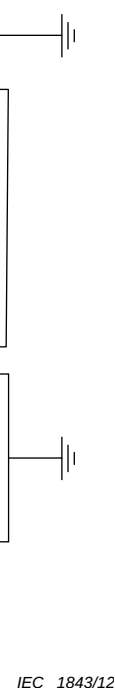


Figure 2b – Alternative earth point

Figure 2 – Arrangement of test circuits for test-duty $TD_{Itransfer}$

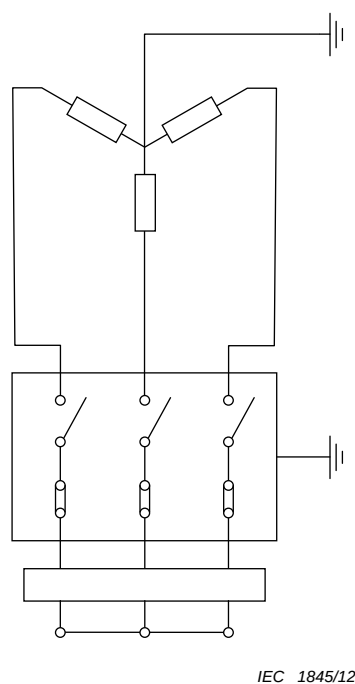


Figure 3b – Alternative earth point

Figure 3 – Arrangement of test circuits for test-duty TD_{Ito}

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

The screens, frame and other normally earthed parts shall be insulated from earth but connected thereto through a fuse consisting of a copper wire of 0,1 mm diameter and 50 mm in length. The fuse 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.

6.101.2.5 Test voltage for breaking tests

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

The voltage shall be measured as close as practicable to the terminals of the combination, 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 combination.

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

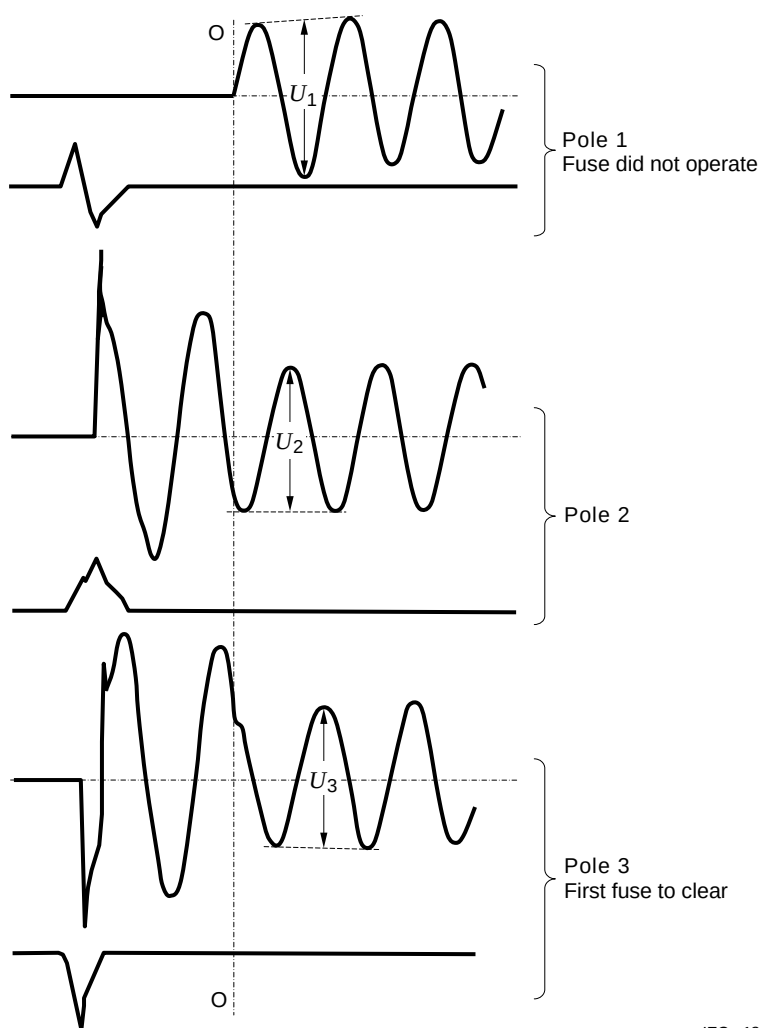
6.101.2.6 Power-frequency recovery voltage

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

The power-frequency recovery voltage of a three-phase test circuit shall be the average value of the power-frequency recovery voltages in all phases measured after the opening of the switch.

The power-frequency recovery voltage of the test circuit shall be measured between the terminals of each pole of the combination in each phase of the test circuit.

The power-frequency recovery voltage shall be measured one cycle after the opening of the switch in accordance with Figure 4.



IEC 1846/12

Key

$U_1/2\sqrt{2}$ 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

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

Figure 4 – Determination of power-frequency recovery voltage

6.101.2.7 Applied voltage before short-circuit making tests

The applied voltage (see 3.7.114) before the short-circuit making tests in test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax} is the r.m.s. value of the voltage at the pole terminals immediately before the test.

The average value of the applied three phase voltages shall be not less than the rated voltage of the combination 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.

6.101.2.8 Breaking current

For test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax} 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 $TD_{Itransfer}$ and TD_{It0} 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_{IWmax} and TD_{It0} , 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 %. For test-duty $TD_{Itransfer}$, the r.m.s. value of the a.c. component of the breaking current in the two poles fitted with solid conducting links shall be not less than $\sqrt{3}/2$, i.e. 87 % of that in the first-pole-to-clear, i.e. the pole fitted with a fuse.

6.101.2.9 Transient recovery voltage

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 combination 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.

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 6.101.2.4.

The prospective transient recovery voltage curve of a test circuit is represented by its envelope drawn as shown in Figure 5 and by its initial portion.

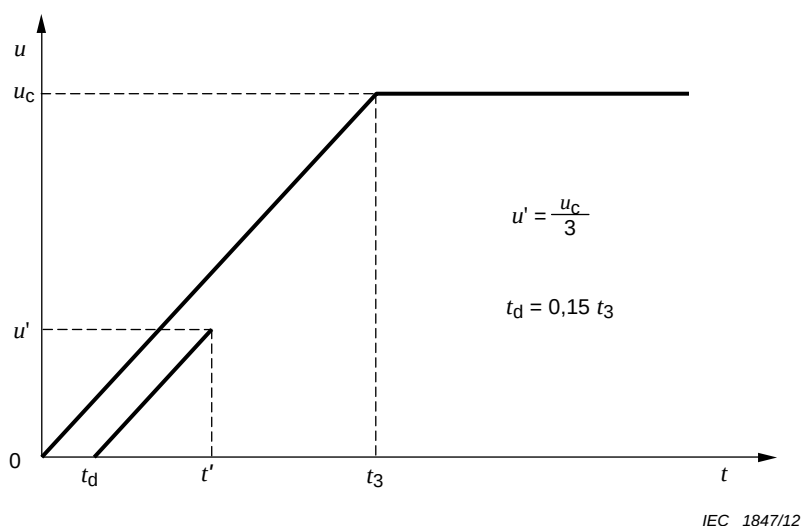


Figure 5 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line

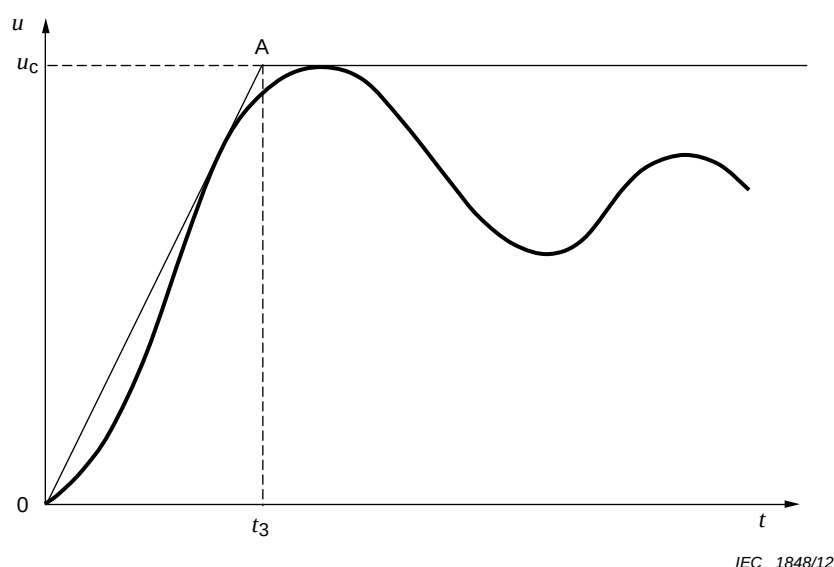


Figure 6 – Example of a two-parameter reference line for a TRV

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;

It is stressed that the extent by which the envelope may exceed 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.

6.101.3 Test-duty procedures

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

This test-duty is performed to show that the switch is capable of withstanding and making the cut-off current of the fuse without damage and that the striker will open the switch at this current. The test is carried out with fuses fitted in all three poles of the combination.

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 combination with a tolerance of $^{+5}_0$ %.

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

The applied voltage shall be in accordance with 6.101.2.7.

The power-frequency recovery voltage (see 6.101.2.6) shall be equal to the rated voltage of the combination divided by $\sqrt{3}$. The tolerance on the average value is ± 5 % of the specified value, and the tolerance on any phase to the average value is ± 20 %.

The prospective transient recovery voltage shall be in accordance with 4.102 and 6.101.2.9.

The breaking test of this 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. to be within the range of 65 to 90 electrical degrees after voltage zero in that pole.

6.101.3.2 Test-duty $TD_{IW_{max}}$ – Making and breaking tests at the maximum breaking I^2t

When carried out, its purpose is to verify the performance of the combination with a prospective current approximating to that producing the maximum I^2t for the switch-fuse combination. The test is carried out with fuses fitted in all three poles of the combination.

Combinations in which the switch closes fully home before opening under the action of the fuse striker, and has been subjected, under IEC 62271-103 conditions, to two make tests at a peak current value not less than 2,5 times I_2 (50 Hz) or 2,6 times I_2 (60 Hz), and a short-time test for a duration of not less than 0,1 s at a current value not less than I_2 (i.e. the prospective short-circuit current for test-duty 2 of IEC 60282-1) are exempt from test-duty $TD_{IW_{max}}$ of this standard.

This test-duty may be also omitted if the fuse or fuses tested in the combination to test-duty TD_{ISC} of this standard have a higher published value of I^2t under test-duty 1 of IEC 60282-1 than under test-duty 2 of IEC 60282-1.

One break and one make-break test shall be made in a three-phase circuit having a prospective current within $\pm 10\%$ of that prospective current required to verify the value of I^2t of IEC 60282-1 for the fuse design incorporated in the combination.

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

The applied voltage shall be in accordance with 6.101.2.7. For the breaking test of this test-duty, the operation shall be made with point-on-wave closure of the circuit so that current commences between 0 and 20 electrical degrees after voltage zero on any one phase.

The power-frequency recovery voltage (see 6.101.2.6) shall be equal to the rated voltage of the combination divided by $\sqrt{3}$. The tolerance on the average value is $\pm 5\%$ of the specified value, and the tolerance on any phase to the average value is $\pm 20\%$.

The prospective transient recovery voltage shall be in accordance with 6.101.2.9 and the values specified in test-duty 2 of IEC 60282-1.

6.101.3.3 Test-duty $TD_{I_{transfer}}$ – Breaking tests at the rated transfer current

This test-duty is performed to prove the correct coordination between the switch and fuses in the current region where the breaking duty is transferred from the fuses to the switch (see 3.7.109).

Test-duty $TD_{I_{transfer}}$ may be omitted in the case of release-operated combinations if the take-over current is equal to or higher than the transfer current.

Three break tests shall be made in a three-phase circuit, as shown in Figure 2a, with the fuses in two poles replaced by solid links of negligible impedance. The pair of poles with the solid links shall be different on each of the three breaking tests. In the case of fuse-switches, the solid links shall be of the same shape, dimension and mass as those of the fuses they replace.

If this arrangement of one fuse on one pole and two solid links on the two other poles is not practicable for the testing laboratory, then the fuse may be omitted and the switch tripped in some other way. In the case of fuse-switches, the fuse shall be replaced by either a dummy fuse (for example a blown fuse) or an insulating link of the same shape, dimension and mass as those of the fuse.

The test circuit shall consist of a three-phase supply and load circuit (see Figures 2a and 2b).

The load circuit shall be an R-L series connected circuit.

The supply circuit shall have a power factor not exceeding 0,2 lagging and shall meet the following requirements:

- a) the symmetrical component of the short-circuit breaking current of the supply circuit shall neither exceed the rated short-circuit breaking current of the combination nor be less than 5 % of this current;
- b) the impedance of the supply circuit shall be between 12 % and 18 % of the total impedance of the test circuit for test-duty $TD_{Itransfer}$. If, due to limitations of the testing station, this condition cannot be met, the percentage may be lower, but it shall be ensured that the resulting prospective TRV is not less severe;
- c) the prospective transient recovery voltage of the supply circuit under short-circuit conditions shall be in accordance with IEC 60282-1.

The power factor of the load circuit, determined in accordance with 6.101.2.3, shall be:

- between 0,2 to 0,3 lagging if the breaking current exceeds 400 A;
- between 0,3 to 0,4 lagging if the breaking current is equal to or less than 400 A.

The test voltage shall be in accordance with 6.101.2.5.

The power-frequency recovery voltage shall be equal to the rated voltage of the combination divided by $\sqrt{3}$. The tolerance on the average value is $\pm 5\%$ and the tolerance on any phase voltage to the average value is $\pm 20\%$.

The prospective transient recovery voltage of the load circuit, for calibration purposes, shall be in accordance with 6.101.2.9 and Tables 2 or 3, as appropriate. A delay line is not specified.

Table 2 – Standard values of prospective TRV for test-duty $TD_{Itransfer}$ based on practice in Europe

Rated voltage U_r kV	TRV peak voltage u_c kV	Time t_3 μs	Rate-of-rise u_c/t_3 kV/ μs
3,6	6,2	80	0,077
7,2	12,3	104	0,115
12	20,6	120	0,167
17,5	30	144	0,208
24	41	176	0,236
36	62	216	0,285
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times U_r \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$			

Table 3 – Standard values of prospective TRV for test-duty $TD_{Itransfer}$ based on practice in the United States of America and Canada

Rated voltage U_r kV	TRV peak voltage u_c kV	Time t_3 μ S	Rate-of-rise u_c/t_3 kV/ μ S
2,8	4,8	74	0,065
5,5	9,4	92	0,103
8,3	14,2	108	0,132
15	25,7	132	0,195
15,5	26,6	134	0,198
27	46,3	186	0,249
38	65,2	222	0,293
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times U_r \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$			

NOTE 1 Tables 2 and 3 give three-phase values and refer to the first-pole-to-clear, i.e. the pole with the fuse (or dummy fuse/insulating link).

NOTE 2 The values shown in Tables 2 and 3 are applicable to typical installations involving transfer currents of lower value than those arising from solid short-circuits in the transformer secondary terminal zone; the latter are normally cleared by the fuses. However, they may not be appropriate for an application requiring the clearing of such terminal-zone faults by the switch. Such a condition of application is subject to agreement between the user and the manufacturer.

6.101.3.4 Test-duty TD_{Ito} – Breaking tests at the rated take-over current (release-operated combinations only)

This test-duty is mandatory for release-operated combinations only and is performed to prove the correct coordination between the release-operated switch and fuses in the current region where the breaking duty is taken over from the fuses by the release-operated switch.

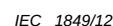
Three break tests shall be made in a three-phase circuit, as shown in Figure 3, with the fuses in all three poles replaced by solid links of negligible impedance. In the case of fuse-switches, the solid links shall be of the same shape, dimension and mass as those of the fuses they replace.

The test circuit shall be the same as that for test-duty $TD_{Itransfer}$.

The test current value corresponds to

- the minimum release-initiated opening time of the switch plus, where applicable, a half cycle time to represent the minimum operating time of an external over-current or an earth-fault relay;
- the maximum operating time of the fuses of highest rated current.

See Figure 7.



6.101.3.5 Summary of test parameters

A summary of the parameters to be used when performing test duties is given in Table 4.

Test-duty		Test voltage	Test current/making angle	Test series	Power factor	TRV
No	Circuit					
TD _{Isc}	3-phase Figure 3	U_r	See 6.101.3.1 of this standard	O CO	0,07 to 0,15 lagging	See test-duty 1 of IEC 60282-1
TD _{IWmax}	3-phase Figure 3	U_r	See 6.101.3.2 of this standard	O CO	0,07 to 0,15 lagging	See test-duty 2 of IEC 60282-1
TD _{Itransfer}	3-phase/ 2-phase Figure 2	U_r	$I_{rtransfer}$ or (0,87 $I_{rtransfer}$) See 6.101.3.3 of this standard	O O O	$I_{rtransfer} > 400$ A 0,2 to 0,3 lagging $I_{rtransfer} \leq 400$ A 0,3 to 0,4 lagging	Tables 2 and 3 of this standard
TD _{Ito}	3-phase Figure 3	U_r	I_{to} See 6.101.3.4 of this standard	O O O	$I_{to} > 400$ A 0,2 to 0,3 lagging $I_{to} \leq 400$ A 0,3 to 0,4 lagging	Tables 2 and 3 of this standard

NOTE The power factors relating to test duties TD_{Itransfer} and TD_{Ito} refer to the load circuit.

6.101.4 Behaviour of the combination during tests

The combination may be inspected but not reconditioned (apart from the replacement of fuses) between any of the test duties which shall all be done on one sample.

During operation, the combination shall show neither signs of excessive distress nor phenomena that might endanger an operator.

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

For other types of combinations, flame or metallic particles such as might impair the insulation level of the combination 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 6.101.2.4 is intact after the test.

During test duties TD_{ISC} and TD_{IWmax} , the switch shall open following the action of the fuse strikers.

For combinations with vacuum switches, 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 in the interpretation of 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.

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

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

6.101.5 Condition of the apparatus after testing

After testing, 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 combination 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 combination shall, without reconditioning, be capable of withstanding its rated voltage without dielectric failure.
- c) For those combinations which incorporate a switch-disconnector, the isolating properties of the switch-disconnector in the open position shall not be reduced below those specified (see 4.2 of IEC 62271-1:2007) by deterioration of insulating parts in the neighbourhood of, or parallel to, the isolating distance. The requirements for disconnectors given in IEC 62271-102 shall be fulfilled.
- d) The combination shall be capable of carrying its rated normal current continuously after renewal of fuses.

Visual inspection and no-load operation of the combination after testing are usually sufficient for checking the above requirements.

In case of doubt as to the ability of the combination to meet the conditions of 6.101.5 b), it shall be subjected to the relevant power-frequency voltage withstand tests in accordance with 6.2.11 of IEC 62271-1:2007. For switch-fuse combinations with sealed for life interrupters, the condition checking test is mandatory unless the sealed interrupter may be disassembled or opened for the purpose of inspection.

In case of doubt as to the ability of the combination, where applicable, to meet the conditions of 6.101.5 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 switch-fuse combinations with sealed for life interrupters, the condition checking test is mandatory unless the sealed interrupter may be disassembled or opened for the purpose of inspection.

National deviations as stated in the foreword of IEC 62271-1 should be considered.

In case of doubt as to the ability of the combination, where applicable, to meet the conditions of 6.101.5 d), two additional close-open operations shall be made with the rated normal current.

6.102 Mechanical operation tests

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 switch release, a total of 100 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.

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 switch 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.

NOTE The switch being in compliance with IEC 62271-103, no additional mechanical operation tests of the switch are required.

6.103 Mechanical shock tests on fuses

During the test of the trip linkages given in 6.102, two fuses shall be fitted in the two poles of the combination not fitted with the fuse striker simulating device for the three sets of 30 operations involved. Each of the two fuses used shall have the lowest rated current of the reference list. If this rating is listed with several fuse types, then the fuses used for the test shall be of different types.

Additionally, in the case of fuse-switches only, 90 close-open operations shall be performed manually with three fuses.

Each of the three fuses used shall have the lowest rated current of the reference list. If this rating is listed with several fuse types, then the fuses used for the test shall be of different types.

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

The satisfactory performance of the above test-duty(ies) can be deemed to be sufficient evidence for justifying the use of fuses other than those tested without further mechanical shock testing.

6.104 Thermal test with long pre-arcing time of fuse

The test conditions are similar to the one used for the temperature-rise test (6.5 without measurement of temperature rise). However, the no-load voltage of the supply shall be sufficient to operate the striker.

The test shall be carried out on the fuse, in the reference list, having the highest current rating in each homogeneous series. The test shall be performed at the current giving the highest fuse body temperature, as stated by the fuse manufacturer.

The test is performed by applying a test current of the required value, as stated above, until the striker operates.

The above test need not be repeated for alternative types of fuse having a stated lower peak body temperature than that tested.

The test is valid if

- a) the striker and the switch have operated correctly,
- b) there is no damage on the fuse as defined in 5.1.3 of IEC 60282-1:2009.

NOTE New tests have been introduced in IEC 60282-1 in order to define the highest body temperature of fuse links and corresponding current values.

6.105 Extension of validity of type tests

6.105.1 Dielectric

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.

6.105.2 Temperature rise

Compliance with temperature-rise tests of the combination made of the combination base and a given fuse type (referred to as X) demonstrates the compliance of any combination made of the same combination base fitted with another fuse type, at the associated rated normal current of this new combination, provided that the four criteria below are fulfilled:

- the fuses have the same length as the fuse X;
- the fuses have a rated current lower than, or equal to, those of the X fuses;
- the fuses have a dissipated power (according to IEC 60282-1) lower than, or equal to, those of the X fuses;
- the derating of the fuses within the combination ($I_{r \text{ combination}}/I_{r \text{ fuse}}$) is lower than, or equal to, those of the X fuses.

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

6.105.3 Making and breaking

Compliance with this standard is also be achieved by alternative untested or partially tested combinations made of combination 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 shall 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;
- d) for fuse-switches only, any change in fuse-link mass shall not invalidate breaking characteristics due to change in the mechanical operation (i.e. opening speed).

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 combinations 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 combinations open and close correctly when their operating devices are energized or under pressure. It shall also be verified that the operation will not cause any damage to the combinations. Fuses of maximum mass and dimensions shall be fitted for fuse-switch testing. For switch-fuse combinations, tests may be made without fuses.

For all switch-fuse combinations the following test shall be carried out:

- a) under the conditions of 6.102 with the action of one fuse striker of minimum energy simulated: one opening operation on each phase.

Additionally, the following tests shall be performed where applicable:

- b) at the specified maximum supply voltage and/or the maximum pressure of the compressed gas supply: five operating cycles;
- c) at the specified minimum supply voltage and/or the minimum pressure of the compressed gas supply: five operating cycles;
- d) if a combination can be operated by hand as well as by its normal electric or pneumatic operating device: five manually operated cycles;
- e) for manually operated combinations only: ten operating cycles;
- f) for release-operated combinations only, at rated supply voltage and/or rated pressure of the compressed gas supply: five operating cycles with a tripping circuit energized by the closing of the main contacts;

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

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

After the tests, the combination shall be examined to determine that no parts have sustained damage and that all parts are in a satisfactory condition.

8 Guide for the selection of switch-fuse combinations

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 applicable.

8.101 Guide for the selection of switch-fuse combination for transformer protection

8.101.1 General

The objective of this application guide, taken in conjunction with that for switches (see Clause 8 of IEC 62271-103:2011) and that for fuses (IEC/TR 60787 deals with choice of fuses for protection of transformers) is to specify criteria for the selection of a combination of switch and fuses which will assure correct performances of the switch-fuse combination, using the parameter values established by tests in accordance with IEC 62271-103, IEC 60282-1 and this standard.

Criteria for the coordination 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 are given in IEC/TR 60787.

Guidance for the selection of switches is given in Clause 8 of IEC 62271-103:2011.

The test duties specified in this standard, together with the associated guidance as to the application of these tests to other combinations cover most users' requirements. However, in some cases, for example supporting the use of a back-up fuse by type tests carried out on the combination using full range fuses from another manufacturer, may require additional combination testing. Such testing should be subject to agreement between the manufacturer and user.

8.101.2 Rated short-circuit breaking current

The rated short-circuit breaking current of a combination is largely determined by that of the fuses and shall be equal to or greater than the maximum expected r.m.s. symmetrical fault current level of the point in the distribution system at which the combination is to be located.

8.101.3 Primary fault condition caused by a solid short-circuit on the transformer secondary terminals

The primary side fault condition caused by a solid short-circuit on the transformer secondary terminals corresponds to very high TRV values which the switch (not designed and not tested to that condition) in a combination may not be able to cope with. The fuses, therefore, shall be so chosen that they alone will deal with such a fault condition without throwing any of the breaking duty onto the switch. In practice, this entails ensuring that the transfer current of the combination is less than the foregoing primary fault current expressed by (see Figure 8):

$$I_{sc} = \frac{100I_T}{Z}$$

where

I_T is the rated current of the transformer;

Z is the short-circuit percentage impedance of the transformer.

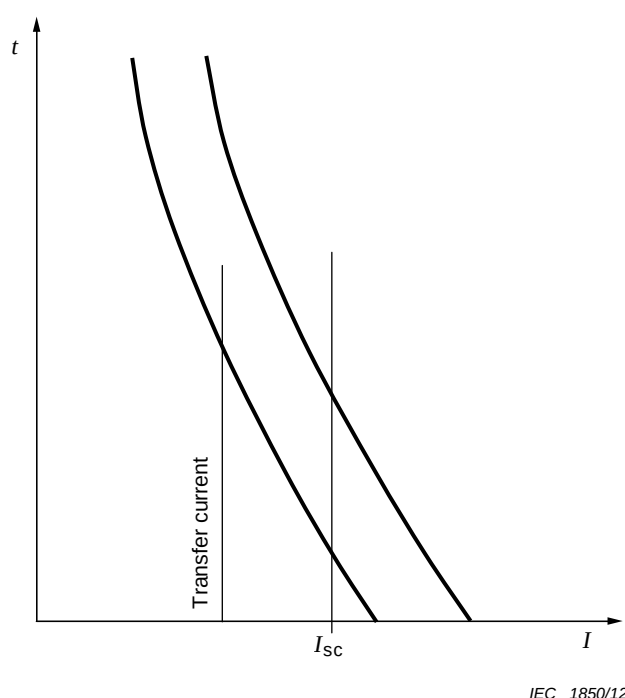


Figure 8 – Transfer current in relation to the primary fault current I_{sc} due to a solid short circuit in the transformer secondary terminal

With this condition being fulfilled, transfer currents correspond to faults for which arc impedance or fault line impedance reduce the magnitude of both the current and the TRV values and increase the power factor.

An example is given in annex A.

In cases, where a system provider considers that the design of the LV connections between transformer and LV switchgear (e.g. inside prefabricated substations according IEC 62271-202), prevents a solid short-circuit on the secondary transformer terminals, the above fault condition need not be considered in the selection of the fuse-links.

In all other cases where the requirements of this subclause cannot be met, a switch according to IEC 62271-103 shall not be applied.

8.102 Coordination of switch and fuses for extension of the reference list

8.102.1 General

In the following paragraphs, strictly speaking, one should refer to the break-time and not to the opening time of the switch. However, the opening time is usually more readily available and is close enough to the break time for the purpose of this standard.

8.102.2 Rated normal current

Reference should be made to 9.3.2 of IEC 60282-1:2009 where 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.

The rated normal current of a switch-fuse combination is assigned by the switch-fuse manufacturer on the basis of information gained from temperature-rise tests and will depend on the type and ratings of the switch and the fuses. It may have to be reduced where the ambient temperature in service exceeds the prescribed ambient temperature.

The rated normal current of a combination is generally less than, but should not be in excess of, the rated current of the fuses as assigned by the fuse manufacturer.

8.102.3 Low over-current performance

At values of fault current below the minimum breaking current of the fuses fitted in the combination, correct operation is assured by the ejection of one or more fuse strikers operating the switch tripping mechanism (and hence causing the switch to open) before the fuse has had time to be damaged by internal arcing (see 5.102). Additionally over-current relays could be used.

8.102.4 Transfer current

The transfer current of a combination is dependent upon both the fuse-initiated opening time of the switch and the time-current characteristic of the fuse.

Near the transfer point, under a three-phase fault, the fastest fuse to melt clears the first pole and its striker starts to trip the switch.

The other two poles then see a reduced current (87 %) which will be interrupted by either the switch or the remaining fuses. The transfer point is when the switch opens and the fuse elements melt simultaneously.

The transfer current for a given combination, determined as described in Annex B, shall be smaller than the rated transfer current.

8.102.5 Take-over current

The value of the take-over current of a combination is dependent upon both the release-initiated opening time of the switch and the time-current characteristic of the fuse. As its name implies, it is the value of the current at the intersection of the two curves, above which the fuses take over the function of current interruption from the release and switch.

Relay behaviour and fuse characteristics should be such that take-over current is smaller than the maximum take-over current of the combination (see definition 3.7.112 and the test conditions in 6.101.3.4).

8.102.6 Extension of the validity of type tests

As it is recognized that it may well be impractical to test all combinations made of a combination base and fuses and to carry out repeat tests on combinations whenever the fuse is altered, this standard specifies conditions (see 6.105) whereby the validity of the temperature rise, making and breaking type tests may be extended to cover combinations other than that (those) tested.

8.103 Operation

- a) The three fuses fitted in a given combination shall all be of the same type and current rating, otherwise the breaking performance of the combination could be adversely affected.
- b) It is vital, for the correct operation of the combination, that the fuses are inserted with the strikers in the correct orientation.
- c) When a switch-fuse has operated as a result of a three-phase fault, it is possible for
 - 1) only two out of the three fuses to have operated,
 - 2) 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.

- d) Where a switch-fuse has operated without any obvious signs of a fault on the system, examination of the operated fuse or fuses may give an indication as to the type of fault current and its approximate value. Such an investigation is best carried out by the fuse manufacturer.
- e) All three fuses shall be discarded and replaced if the fuse(s) in one or two poles of a combination has operated.
- f) Before removing or replacing fuses, the operator should satisfy himself that the fuse-mount is electrically disconnected from all parts of the combination which could still be electrically energized. This is especially important when the fuse-mount is not visibly isolated.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.1 Information 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 switch in IEC 62271-103, the inquirer should specify the limit of supply, i.e. if the combinations described include the fuse-links (defined as switch-fuse combination) or not (defined as switch-fuse combination base).

9.2 Information with tenders

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

As well as the information given for the switch in IEC 62271-103, the combination manufacturer shall give, in addition to the rated quantities, the following information.

- a) The reference list of fuses which shall include the designation of the combination base, its maximum demonstrated cut-off current characteristics of the fuse and for each selected fuse, the following information:
 - fuse designation (brand, type, rating);
 - rated normal current of the combination;
 - rated short-circuit current of the combination;
 - rated cut-off current of the combination.
- b) Filling medium (type and amount), when applicable.

On request, the relevant information for the extension of the type test validity should be given, i.e.:

- fuse length (6.105.2);
- fuse maximum rated current (6.105.2);
- fuse power dissipation (6.105.2);
- fuse derating (6.105.2);
- Joule integral (highest value of the fuse type used in 6.101.3.1 and 6.101.3.2).

10 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 switch-fuse unit, they should be temporarily removed while the unit is man-handled into position.

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.

Annex A (informative)

Example of the coordination of fuses, switch and transformer

The transformer is chosen by the user for its particular duty, thus fixing values of the full load current and permissible overload current.

The maximum fault level of the high-voltage system is known.

For the purpose of this example, an 11 kV, 400 kVA transformer on a high-voltage system with maximum fault level of 16 kA is considered:

- a) full load current is approximately 21 A;
- b) permissible periodic overload is assumed to be 150 %, on the “–5 %” tapping of the transformer, i.e. approximately:

$$21 \text{ A} \times 1,05 \times 1,5 = 33 \text{ A}$$

- c) maximum magnetizing inrush current, assumed to be 12 times the rated current, is:

$$21 \text{ A} \times 12 = 252 \text{ A}$$

for a duration of 0,1 s (Clause 5 a) of IEC/TR 60787:2007).

Site ambient air temperature is 45 °C, i.e. 5 °C above standard.

Suppose the user has decided that a 12 kV switch-fuse combination from a certain manufacturer will be used to control and protect the transformer.

The manufacturer shall provide a list of the fuses which can be used in the combination and shall advise which of these are suitable for the application.

This list of fuses will have been drawn up by the switch-fuse manufacturer on the basis of appropriate type tests on the switch-fuse combination in accordance with this standard and by the application of its extension of validity clauses (see 8.102).

Suppose he advises that a 12 kV, 40 A, 16 kA (at least) back-up fuse of a given type from a certain fuse manufacturer is suitable. To justify this advice, the switch-fuse manufacturer will have ascertained that:

- 1) the fuse can withstand the 252 A magnetizing inrush current of the transformer for 0,1 s (Clause 5 a) of IEC/TR 60787:2007). He will normally do this by examining the fuse time-current characteristic, where the i.e. 252 A point at 0,1 s has a selectivity distance of 20 % to the time-current curve at this point, and/or consulting the fuse manufacturer.
- 2) the normal current rating of the switch-fuse combination when fitted with the fuses is adequate to allow for periodic overloading of the transformer up to 33 A in ambient air temperature conditions of 45 °C (Clause 5 b)1) of IEC/TR 60787:2007).

The normal current rating of the combination when fitted with the fuses may not be more than 40 A, especially in the higher than standard ambient conditions. Temperature-rise tests carried out by the switch-fuse manufacturer, or calculations based on such tests, may indicate a normal current rating of, say, 35 A in ambient conditions of 45 °C. This would be adequate for the application.

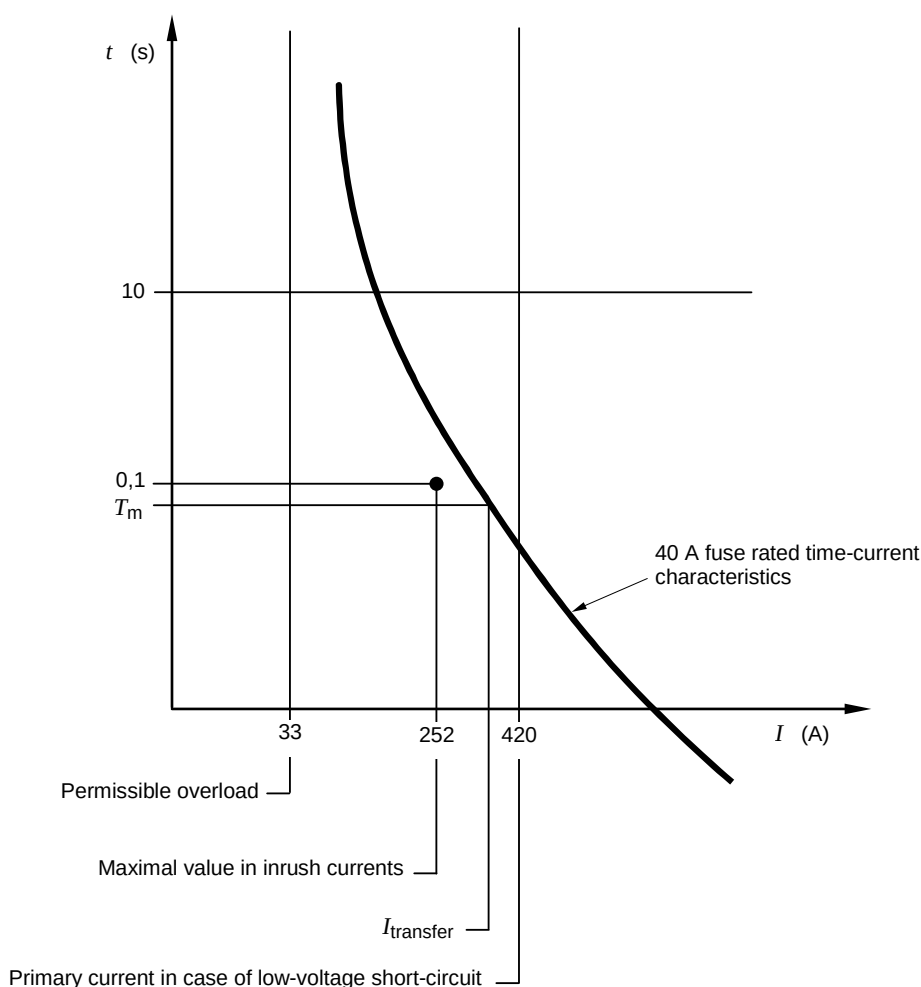
- 3) the pre-arcing current of the fuse is low enough in the 10 s region of the fuse time-current characteristic to ensure satisfactory protection of the transformer (Clause 5 c) of

IEC/TR 60787:2007). The manufacturer will normally do this by examining the fuse time-current characteristic and/or consulting the fuse manufacturer.

- 4) the fuses alone will deal with the condition of a solid short-circuit on the transformer secondary terminals, i.e. that the maximum primary short-circuit current (in this case:

$$\frac{400 \times 100}{11 \times \sqrt{3} \times 5} = 420 \text{ A}$$

based on 5 % transformer impedance) is greater than the transfer current (see 3.7.109) of the combination when fitted with 40 A fuses. He will do this using the method explained in 8.102.3. Reference to Figure A.1 shows that the transfer current thus obtained is only 280 A, the fuse-initiated opening time of the switch being assumed to be 0,05 s for the purpose of this example.



IEC 1851/12

Figure A.1 – Characteristics relating to the protection of an 11 kV – 400 kVA transformer

- 5) the transfer current of the combination, when fitted with 40 A fuses, is less than its rated transfer current (see 4.104) which one can suppose to be 1 000 A.

The user shall check that the fuse discriminates with the highest rating of a low-voltage fuse used in the event of a phase-to-phase fault occurring on the low-voltage system.

NOTE This is usually the worst condition for discrimination.

As explained in Clause 5 d) of IEC/TR 60787:2007, the intersection of the two time-current characteristics of the high-voltage and low-voltage fuses shall occur at a value of current

greater than that of the maximum fault current on the load side of the low-voltage fuse (see Figure A.2).

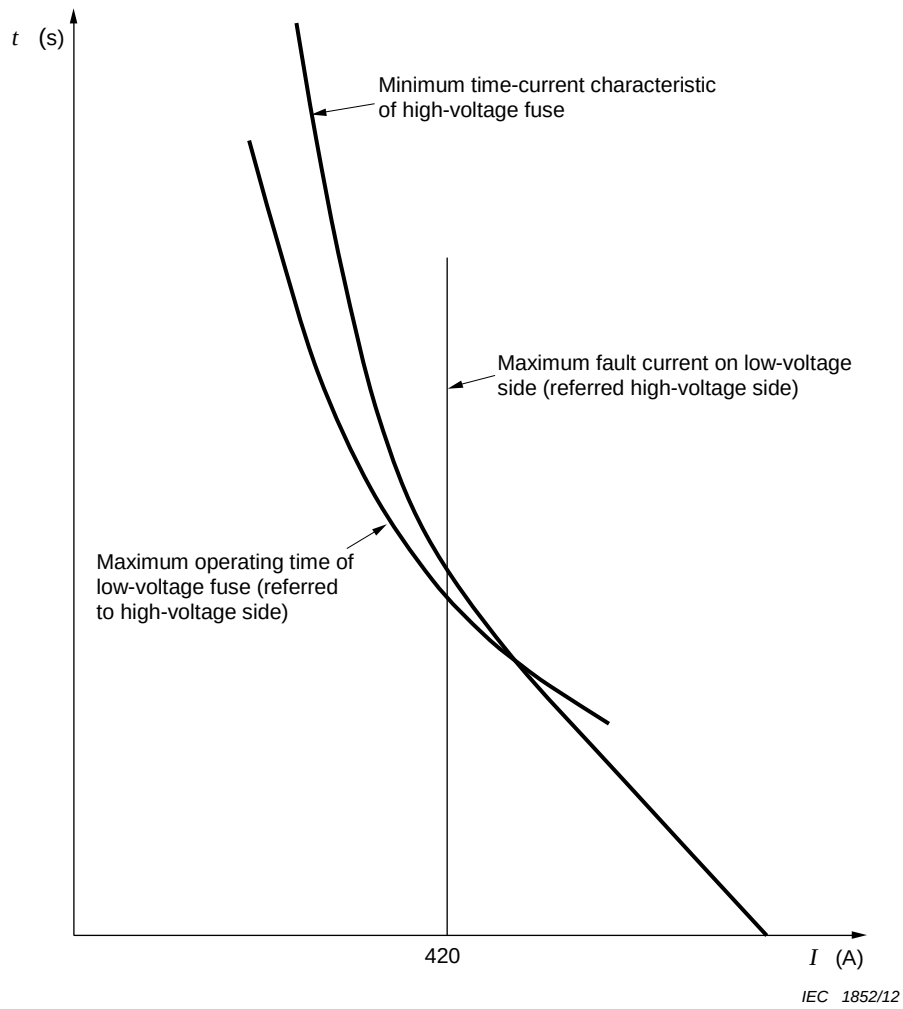


Figure A.2 – Discrimination between HV and LV fuses

Annex B (normative)

Procedure for determining transfer current

B.1 Background

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, ΔT , between the melting times of fuses permits comparison between it and the striker-initiated opening time of the switch-fuse combination.

The following procedures compare, in an intentional simplification, virtual melting times of the fuse-links against the real opening times of the switch-fuse combination. Taking into account the real melting-time values of the fuses, resulting from the interdependent three-phase effects, the value of transfer current may be different. As the calculation already includes some safety margins, these differences may not be taken into consideration.

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. With such an assumption, it could be feared that the two remaining phases should be cleared by the switch-fuse combination with conditions not clearly addressed by the standard.

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 switch-fuse combination can be opened by any tripping device. There is no reason for concern.

B.2 Mathematical determination of ΔT

Figure B.1 shows small segments of the more probable minimum and maximum fuse time-current characteristics in the transfer current region.

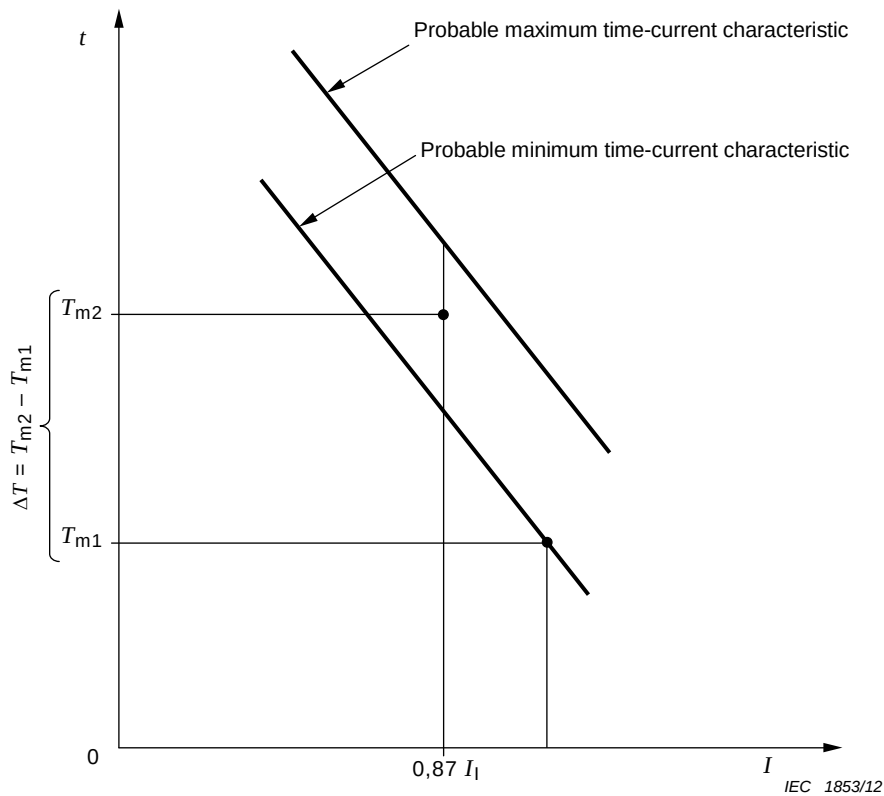


Figure B.1 – Practical determination of the transfer current

The time T_{m1} on the minimum characteristic is the melting time of the first fuse to operate under a three-phase fault current, I_1 .

The time T_{m2} is the melting time of the second fuse to operate. It should be noted that this time T_{m2} (see Figure B.1) is shorter than the value indicated for a two-phase current of $0,87I_1$ by the maximum time-current characteristic as this second fuse has already seen the three-phase fault current I_1 for the time T_{m1} .

The small segments of the time-current characteristics can be regarded as straight lines to a close approximation in log-log coordinates, their formula being:

$$\log T_m = -\alpha \log I + \log C$$

defining a relationship between I and T_m such that:

$$I^\alpha \times T_m = C \quad (\text{B.1})$$

where α is the gradient and $\log C$ the intercept with the ordinate axis of the straight line so defined.

Applying formula (B.1) to the minimum time-current characteristic, the formula for the maximum time-current characteristic will be expressed by:

$$I^\alpha \times T_m = C(1 + x)^\alpha \quad (\text{B.2})$$

where x is the tolerance on the current between the two time-current characteristics and defined as $100 \times \%$.

The first fuse melts under the three-phase fault current I_1 in a time T_{m1} according to formula (B.1) for the minimum time-current characteristic such that:

$$I_1^\alpha \times T_{m1} = C \quad (\text{B.3})$$

After having seen the current I_1 for a time T_{m1} , the second fuse will melt under the two-phase fault current, $0,87I_1$, in a time T_{m2} according to formula (B.2) for the maximum time-current characteristic such that:

$$I_1^\alpha T_{m1} + (0,87 I_1)^\alpha \times (T_{m2} - T_{m1}) = C (1+x)^\alpha \quad (\text{B.4})$$

combining (B.3) and (B.4) one obtains:

$$\Delta T = T_{m2} - T_{m1} = T_{m1} \left[\frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,87^\alpha} \right] \quad (\text{B.5})$$

The transfer point occurs when ΔT is equal to the fuse-initiated opening time T_0 of the switch.

Taking a statistically realistic tolerance for the fuse time-current characteristics of $\pm 6,5 \%$ ($\pm 2\sigma$ of $\pm 10 \%$) then $x = 0,13$. Using this value in formula (B.5) gives:

$$T_{m1} = T_0 \left[\frac{0,87^\alpha}{(1+0,13)^\alpha - 1} \right] \quad (\text{B.6})$$

The transfer current I_{transfer} is then deduced from the minimum time-current characteristic of the fuse.

As the slope α is dependant on the value T_{m1} (Figure B.2), an iterative calculation shall be made: a first value of T_{m1} shall be taken, for instance $(T_{m1})_0$ equal to $1,2T_0$, for it is normally close to the practical value. Then, a first value of the transfer current $(I_{\text{transfer}})_0$ and of the slope α_0 are deduced from the minimum time-current characteristic.

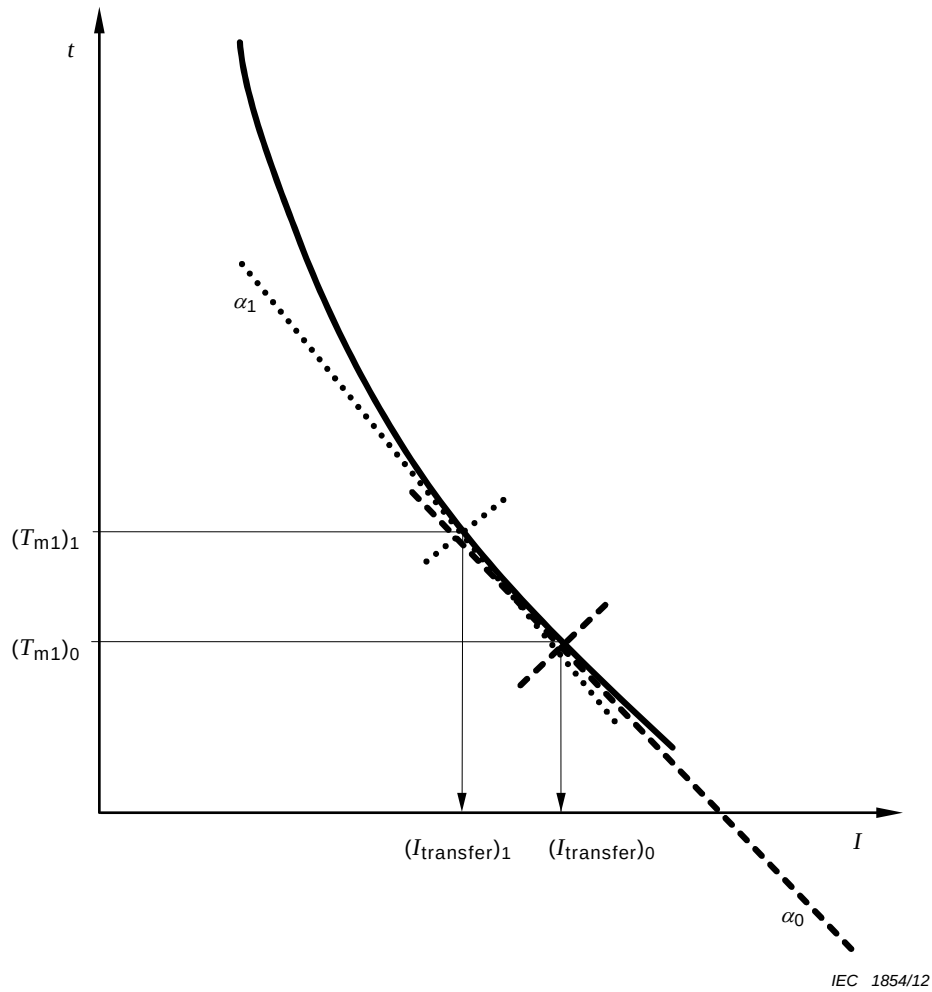


Figure B.2 – Determination of the transfer current with the iterative method

With this value α_0 , a new $(T_{m1})_1$ is calculated with formula (B.6) and new $(I_{\text{transfer}})_1$ and α_1 are determined as above. If the new value of the transfer current does not differ from the previous one by more than 5 %, then it is taken for I_{transfer} . If not, this calculation shall be re-made successively until the difference between two successive transfer currents is less than 5 %.

B.3 Simplified method for determination of transfer current

Taking $\alpha = 4$, which is on the conservative side with fuse-initiated opening times lying between 0,05 s and 0,3 s, then formula (B.5) gives:

$$\Delta T = T_{m1} \left(\frac{(1+0,13)^4 - 1}{(0,87)^4} \right) \quad (\text{B.7})$$

The transfer point occurs when the fuse-initiated opening time T_0 of the switch is equal to ΔT :

$$T_0 = \Delta T = 1,1 \times T_{m1}$$

or

$$T_{m1} = 0,9 T_0$$

Thus, the transfer current can be defined as the current which gives a pre-arcing time equal to $0,9 T_0$ for the minimum time-current characteristic of the fuse.

This simplified procedure is based on a slope of the fuse characteristic of $\alpha = 4$. The slope of the characteristics of actually existing fuses may vary from 4, which may lead to different transfer currents and, thus, different fuse rated currents. In case of doubt apply the iterative method (B.2) or consult the switch-fuse manufacturer.

Annex C (normative)

Tolerances on test quantities for type tests

Table C.1 – Tolerances on test quantities for type tests

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerance	Reference to
6.101	Making and breaking tests				
6.101.2.2	Test frequency	Test frequency	Rated frequency	± 8 %	
6.101.2.5	Test voltage for breaking tests	Power frequency recovery voltage	Rated voltage	± 5 %	Figure 4
		Power frequency recovery voltage of any phase/average value	1	± 20 %	
6.101.2.7	Applied voltage before short circuit tests	Applied voltage	Rated voltage	+10 % -0 %	
		Applied voltage of any phase /average value	1	± 5 %	
6.101.2.8	Breaking current	AC component of test current for TD_{ISC} , TD_{IWmax} and TD_{Ito} in any phase/average	1	± 10 %	
		AC component of test current for $TD_{Itransfer}$ in two phases fitted with solid links/phase with fuses	1	≥ $\sqrt{3}/2$	
6.101.3.1	Short circuit current	Prospective current	Rated value	+5 % -0 %	
		Power factor		0,07 to 0,15	
		TRV of supply circuit	See IEC 60282-1	+10 % -0 %	
6.101.3.2	Current with max. I^2t of the fuse	Prospective current	Specified value	± 10 %	
		Power factor		0,07 to 0,15	
		TRV of supply circuit	See IEC 60282-1 test-duty 2	+10 % -0 %	
6.101.3.3 and 6.101.3.4	Transfer current and Take over current	Prospective current	Rated value	+10 % -0 %	
		Power factor of load circuit	$I_{rtransfer} > 400 \text{ A}$	0,2 to 0,3	
			$I_{rtransfer} \leq 400 \text{ A}$	0,3 to 0,4	
		Power factor of supply circuit		< 0,2	
		TRV of supply circuit	See IEC 60282-1 test-duty 1	+10 % -0 %	
		TRV of load circuit	Tables 2 and 3	+10 % -0 %	
		Impedance of supply circuit/total impedance	0,15	± 0,03	

Bibliography

IEC 62271-107, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 107: Alternating current fused circuit-switchers for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-202, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	56
1 Généralités	58
1.1 Domaine d'application	58
1.2 Références normatives	59
2 Conditions normales et spéciales de service	59
3 Termes et définitions	59
3.1 Termes généraux	59
3.2 Ensembles d'appareillages	59
3.3 Parties d'ensembles	60
3.4 Appareils de connexion	60
3.5 Parties d'appareillages	60
3.6 Manœuvres	61
3.7 Grandeurs caractéristiques	61
3.101 Fusibles	65
4 Caractéristiques assignées	66
4.1 Tension assignée (U_r)	66
4.2 Niveau d'isolement assigné	67
4.3 Fréquence assignée (f_r)	67
4.4 Courant assigné en service continu et échauffement	67
4.4.1 Courant assigné en service continu (I_r)	67
4.4.2 Échauffement	67
4.5 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	67
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)	67
4.7 Durée de court-circuit assignée (t_k)	67
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	67
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires	67
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	67
4.11 Niveaux assignés de remplissage pour l'isolement et/ou la manœuvre	67
4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit	67
4.102 Tension transitoire de rétablissement assignée	68
4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit	68
4.104 Courant de transition assigné (sur fonctionnement provoqué par percutés) ($I_{rtransfer}$)	68
4.105 Courant d'intersection assigné pour combinés actionnés par déclencheur (I_{to})	68
5 Conception et construction	68
5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles	68
5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles	68
5.3 Raccordement à la terre du combiné interrupteur-fusibles	69
5.4 Equipements auxiliaires et de commande	69
5.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	69
5.6 Manœuvre à accumulation d'énergie	69
5.7 Manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure (manœuvre indépendante sans accrochage mécanique)	69

5.8	Fonctionnement des déclencheurs	69
5.9	Dispositifs de verrouillage et de surveillance basse et haute pression	69
5.10	Plaques signalétiques	69
5.11	Dispositifs de verrouillage	70
5.12	Indicateur de position	70
5.13	Degrés de protection procurés par les enveloppes	70
5.14	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	70
5.15	Etanchéité au gaz et au vide	70
5.16	Etanchéité au liquide	70
5.17	Risque de feu (Inflammabilité)	70
5.18	Compatibilité électromagnétique (CEM)	71
5.19	Emission de rayons X	71
5.20	Corrosion	71
5.101	Tringleries de liaison entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur de l'interrupteur	71
5.102	Circonstances de faible courant de défaut (circonstances de longue durée de pré-arc des fusibles)	71
6	Essais de type	71
6.1	Généralités	72
6.1.1	Groupement des essais	72
6.1.2	Informations pour l'identification des spécimens d'essai	72
6.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais de type	73
6.2	Essais diélectriques	73
6.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	73
6.4	Mesurage de la résistance des circuits	73
6.5	Essais d'échauffement	73
6.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	73
6.7	Vérification de la protection	73
6.8	Essais d'étanchéité	73
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	73
6.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	73
6.11	Procédure d'essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	73
6.101	Essais d'établissement et de coupure	74
6.101.1	Généralités	74
6.101.2	Conditions pour réaliser les essais	74
6.101.3	Procédures d'essais	80
6.101.4	Comportement du combiné pendant les essais	85
6.101.5	État de l'appareil après les essais	86
6.102	Essais de manœuvre mécanique	86
6.103	Essais de chocs mécaniques sur les fusibles	87
6.104	Essai thermique avec longue durée de pré-arc du fusible	87
6.105	Extension de la validité des essais de type	88
6.105.1	Essais diélectriques	88
6.105.2	Essais d'échauffement	88
6.105.3	Essais d'établissement et de coupure	88
7	Essais individuels de série	88
7.101	Essais de manœuvre mécanique	88
8	Guide pour le choix des combinés interrupteurs-fusibles	89

8.1	Choix des valeurs assignées	89
8.2	Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service	89
8.101	Guide pour le choix d'un combiné interrupteur-fusibles pour la protection des transformateurs	89
8.101.1	Généralités	89
8.101.2	Pouvoir de coupure assigné en court-circuit	90
8.101.3	Conditions de défaut au primaire d'un transformateur causé par un court-circuit franc à ses bornes secondaires	90
8.102	Coordination de l'interrupteur et des fusibles pour l'extension de la liste de référence	91
8.102.1	Généralités	91
8.102.2	Courant assigné en service continu	91
8.102.3	Performance sous faibles courants de défaut	92
8.102.4	Courant de transition	92
8.102.5	Courant d'intersection	92
8.102.6	Extension de la validité des essais de type	92
8.103	Fonctionnement	92
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes	93
9.1	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	93
9.2	Renseignements pour les soumissions	93
10	Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance	94
11	Sécurité	94
12	Influence du produit sur l'environnement	94
Annexe A (informative) Exemple de coordination entre les fusibles, l'interrupteur et le transformateur		95
Annexe B (normative) Procédure pour la détermination du courant de transition		98
Annexe C (normative) Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type		103
Bibliographie		104
Figure 1 – Disposition des circuits d'essai pour les séries d'essais $TD_{I_{SC}}$ et $TD_{IW_{max}}$		75
Figure 2 – Disposition des circuits d'essais pour la série d'essais $TD_{I_{transfer}}$		76
Figure 3 – Disposition des circuits d'essais pour les séries d'essais $TD_{I_{to}}$		76
Figure 4 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle		78
Figure 5 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et à un segment définissant le retard		79
Figure 6 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR		80
Figure 7 – Caractéristiques pour la détermination du courant d'intersection		84
Figure 8 – Courant de transition vis-à-vis du courant de court-circuit au primaire I_{SC} lors d'un court-circuit franc aux bornes secondaires du transformateur		91
Figure A.1 – Caractéristiques relatives à la protection d'un transformateur 11 kV – 400 kVA		96
Figure A.2 – Sélectivité entre les fusibles HT et BT		97
Figure B.1 – Détermination pratique du courant de transition		99
Figure B.2 – Détermination du courant de transition par la méthode itérative		101
Tableau 1 – Plaques signalétiques		69

Tableau 2 – Valeurs normalisées de la TTR présumée pour la série d'essais TD _{Itransfer} (Pratique en Europe)	83
Tableau 3 – Valeurs normalisées de la TTR présumée pour la série d'essais TD _{Itransfer} (Pratique aux États-Unis d'Amérique et au Canada)	83
Tableau 4 – Résumé des paramètres d'essais pour les séries d'essais	85
Tableau C.1 – Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

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 62271-105 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 de la CEI 62271-105, publiée en 2002, et constitue une révision technique.

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

- la mise en place des figures aux endroits où elles sont citées en premier;
- la renumérotation des tableaux;
- l'ajout, en partie, de propositions issues du document 17A/852/INF de la CEI;
- l'ajout de paragraphes manquants de la CEI 62271-1;

- l'introduction du 6.105 "Extension de la validité des essais de type" et en conséquence, suppression des parties correspondantes dans les différents articles existants;
- la modification du septième alinéa du 6.101.4, du fait qu'il y a maintenant une définition des NSDD (décharges disruptives non soutenues) donnée au 3.7.4 de la CEI 62271-1:2007. Harmonisation avec la CEI 62271-107;
- certains articles référencés dans d'autres normes, comme dans la CEI 60282-1, ont été modifiés, si bien que les éditions indiquées au 1.2 ont été modifiées en conséquence;
- l'ajout d'une nouvelle Annexe C définissant les tolérances.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
17A/1013/FDIS	17A/1022/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.

La présente 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, publiées 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 105: Combinés interrupteurs-fusibles pour courant alternatif de tensions assignées supérieures 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 est applicable aux appareils tripolaires utilisés dans les réseaux de distribution publics ou les installations industrielles qui forment des ensembles fonctionnels composés d'interrupteurs ou d'interrupteurs-sectionneurs et de fusibles limiteurs de courant, conçus pour être capable de

- couper, à la tension de rétablissement assignée, tous les courants jusqu'au pouvoir de coupure assigné inclus;
- établir, à la tension assignée, des circuits pour lesquels le pouvoir de coupure assigné s'applique.

Elle ne s'applique ni aux combinés disjoncteurs-fusibles, ni aux contacteurs-fusibles, ni aux combinés destinés à la manœuvre et à la protection des moteurs ou des batteries de condensateurs.

Dans la présente Norme, le mot "combiné" est utilisé pour un combiné dans lequel les composants forment un ensemble fonctionnel. Chaque association d'un type donné d'interrupteur avec un type donné de fusible définit un type de combiné.

Dans la pratique, différents types de fusibles peuvent être combinés avec un type donné d'interrupteur, ce qui définit plusieurs combinés de caractéristiques différentes, en particulier pour ce qui concerne les courants assignés. De plus, pour des raisons de maintenance, il convient que l'utilisateur ait connaissance des types de fusibles pouvant être combinés à un interrupteur donné, tout en restant conforme à la présente Norme, et des caractéristiques correspondantes du combiné ainsi constitué.

Un combiné interrupteur-fusibles est donc défini par sa désignation de type, ainsi qu'une liste de fusibles utilisables définie par le constructeur appelée "liste des fusibles de référence". Un combiné est réputé satisfaire à la présente Norme dans la mesure où la conformité à celle-ci a été démontrée pour tous les combinés équipés de l'un des fusibles utilisables.

Les fusibles sont introduits dans le combiné en vue d'obtenir des caractéristiques de coupure assignées en court-circuit supérieures à celles du seul interrupteur. Ces fusibles sont munis de percuteurs destinés à provoquer l'ouverture automatique des trois pôles de l'interrupteur à la suite du fonctionnement d'un fusible, permettant ainsi d'assurer le bon fonctionnement du combiné pour des valeurs de courant de défaut supérieures au courant minimum de fusion et inférieures au courant minimal de coupure de ces fusibles. En plus des percuteurs des fusibles, les combinés peuvent également être équipés soit d'un déclencheur à maximum de courant, soit d'un déclencheur shunt.

NOTE Dans la présente Norme, le terme "fusible" est utilisé pour désigner, soit le fusible, soit l'élément de remplacement, lorsque le sens du texte ne soulève pas d'ambiguïté.

La présente Norme s'applique aux combinés prévus pour des tensions assignées supérieures à 1 kV et jusqu'à 52 kV inclus, et destinés à être utilisés sur des réseaux triphasés à courant alternatif à 50 Hz ou 60 Hz.

Les fusibles sont traités dans la CEI 60282-1.

Les dispositifs qui exigent une manœuvre dépendante manuelle ne sont pas traités par la présente norme.

Les interrupteurs, y compris leurs mécanismes de manœuvre, doivent être en accord avec la CEI 62271-103, sauf en ce qui concerne les exigences relatives au courant de courte durée admissible et au pouvoir de fermeture sur court-circuit, pour lesquelles l'effet limiteur des fusibles est pris en compte.

Les sectionneurs de mise à la terre incorporés dans le combiné répondent aux spécifications de la CEI 62271-102.

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).

Le paragraphe 1.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les références additionnelles suivantes:

CEI 60282-1:2009, *Fusibles à haute tension – Partie 1: Fusibles limiteurs de courant*

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

CEI 62271-1:2007, *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*

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'appareillages

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

3.3 Parties d'ensembles

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

3.4 Appareils de connexion

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

3.4.101

combiné interrupteur-fusibles

combinaison d'un interrupteur tripolaire et de trois fusibles équipés de percuteurs, tels que le fonctionnement de n'importe quel percuteur provoque l'ouverture automatique des trois pôles de l'interrupteur

Note 1 à l'article: Le combiné interrupteur-fusibles comprend le combiné fusible-interrupteur.

3.4.102

socle de combiné interrupteur-fusibles socle du combiné

combiné interrupteur-fusibles dans lequel les éléments de remplacement ne sont pas installés

3.4.103

interrupteur à fusibles

interrupteur dans lequel un ou plusieurs pôles comportent un fusible en série dans un appareil combiné

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-14-14]

3.4.104

fusible-interrupteur

interrupteur dans lequel un élément de remplacement ou un porte-fusible avec son élément de remplacement forme le contact mobile

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-14-17]

3.4.105

interrupteur-sectionneur

interrupteur qui, dans sa position d'ouverture, satisfait aux exigences d'isolement spécifiées pour un sectionneur

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-14-12]

3.4.106

combiné actionné par déclencheur

combiné dans lequel l'ouverture automatique de l'interrupteur peut aussi être provoquée par un déclencheur à maximum de courant ou par un déclencheur shunt

3.5 Parties d'appareillages

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

3.5.101

déclencheur (d'un appareil mécanique de connexion)

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

Note 1 à l'article: Cette valeur peut, dans certains cas, dépendre de la vitesse d'accroissement du courant.

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

3.5.103**déclencheur shunt**

déclencheur alimenté par une source de tension

Note 1 à l'article: La source de tension peut être indépendante de la tension du circuit principal.

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

3.6 Manœuvres

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

3.6.101**manœuvre indépendante manuelle** (d'un appareil mécanique de connexion)

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 appareil mécanique de connexion)

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

Note 1 à l'article: Ce type de manœuvre peut être subdivisé suivant:

- a) le mode d'accumulation de l'énergie (ressort, poids, etc.);
- b) la provenance de l'énergie (manuelle, électrique, etc.);
- c) le mode de libération de l'énergie (manuel, électrique, etc.).

[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 relatif à un appareil de connexion ou à 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

Note 1 à l'article: La méthode à employer pour évaluer et pour exprimer le courant présumé doit être spécifiée dans les publications particulières.

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

3.7.102

valeur de crête du 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 dont le courant peut emprunter 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 (d'un circuit à courant alternatif)

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 (pour un pôle d'un appareil de connexion ou un fusible)

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 (d'un appareil de connexion ou d'un fusible)

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 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]

3.7.109

courant de transition (sur fonctionnement provoqué par percuteur)

I_{transfer}

valeur du courant triphasé symétrique pour laquelle les fusibles et l'interrupteur échangent la fonction de coupure

Note 1 à l'article: Au-dessus de cette valeur, le courant dans les trois phases n'est interrompu que par les fusibles. Immédiatement en dessous de cette valeur, le courant dans le premier pôle qui coupe est interrompu par le fusible, et le courant dans les deux autres pôles par l'interrupteur; ou bien par les fusibles selon les tolérances de la caractéristique temps-courant des fusibles et de la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles.

3.7.110

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]

3.7.111

courant minimal d'intersection (d'un combiné actionné par déclencheur)

courant déterminé par le point d'intersection des caractéristiques temps-courant du fusible et de l'interrupteur, correspondant à:

- a) la durée de coupure maximale de l'interrupteur plus, s'il y a lieu, la durée de fonctionnement maximale d'un relais à maximum de courant ou d'un relais de terre, externe à l'appareil,
- b) la durée de pré-arc minimale du fusible

3.7.112

courant maximal d'intersection (d'un combiné actionné par déclencheur)

courant déterminé par le point d'intersection des caractéristiques temps-courant du fusible et de l'interrupteur, correspondant à:

- a) la durée de coupure minimale de l'interrupteur plus, s'il y a lieu, la durée de fonctionnement minimale d'un relais à maximum de courant ou d'un relais de terre, externe à l'appareil,
- b) la durée de pré-arc maximale du fusible

3.7.113

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]

3.7.114

tension appliquée (pour un appareil de connexion)

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]

3.7.115

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]

3.7.116

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]

3.7.117

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]

3.7.118

tension transitoire de rétablissement présumée (d'un circuit)

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

Note 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 dont le courant peut emprunter 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]

3.7.119

durée d'ouverture provoquée par le percuteur des fusibles (du combiné interrupteur-fusibles)

intervalle de temps compris entre l'instant du début de l'arc dans le fusible jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc de l'interrupteur du combiné sur tous les pôles (comprenant tous les éléments ayant une influence sur cet intervalle de temps)

3.7.120

durée d'ouverture provoquée par le déclencheur (du combiné interrupteur-fusibles)

durée d'ouverture provoquée par le déclencheur qui est définie, selon la méthode de déclenchement, comme indiqué ci-dessous; tout dispositif de retard faisant partie intégrante de l'interrupteur étant réglé à une valeur spécifiée:

- a) pour un interrupteur déclenché à l'aide d'une forme quelconque d'énergie auxiliaire: l'intervalle de temps depuis l'instant d'application de la source d'énergie auxiliaire sur le déclencheur, l'interrupteur étant en position fermée, jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles;
- b) pour un interrupteur déclenché (autrement que par les percuteurs des fusibles) par le courant du circuit principal sans l'aide d'aucune forme d'énergie auxiliaire: l'intervalle de temps depuis l'instant où l'interrupteur étant en position fermée, le courant dans le

circuit principal atteint la valeur de fonctionnement du déclencheur à maximum de courant jusqu'à l'instant de la séparation des contacts d'arc sur tous les pôles

3.7.121

durée d'ouverture minimale provoquée par le déclencheur (du combiné interrupteur-fusibles)

durée d'ouverture provoquée par le déclencheur lorsque le réglage spécifié d'un dispositif de retard quelconque faisant partie intégrante de l'interrupteur est à sa valeur minimale

3.7.122

durée d'ouverture maximale provoquée par le déclencheur (du combiné interrupteur-fusibles)

durée d'ouverture provoquée par le déclencheur lorsque le réglage spécifié d'un dispositif de retard quelconque faisant partie intégrante de l'interrupteur est à sa valeur maximale

3.7.123

durée de coupure

intervalle de temps entre le début de la durée d'ouverture d'un appareil mécanique de connexion, ou le début de la durée de pré-arc d'un fusible, et la fin de la durée d'arc

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-17-39]

3.7.124

durée d'arc (d'un pôle ou d'un fusible)

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

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-17-37]

3.101 Fusibles

3.101.1

liste des fusibles de référence

liste de fusibles définie par le constructeur pour un type donné de socle de combiné interrupteur-fusibles et, pour lesquels la conformité à la présente Norme de tous les combinés interrupteurs-fusibles correspondant est établie

Note 1 à l'article: Cette liste peut être mise à jour. Les conditions d'extension de validité des essais de type sont données en 6.105 et en 8.102.

3.101.2

socle (de fusible)

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

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

3.101.3

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]

3.101.4

durée de pré-arc

durée de fusion

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

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-18-21]

3.101.5

durée de fonctionnement

somme de la durée de pré-arc et de la durée d'arc

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-18-22]

3.101.6

durée d'arc (d'un pôle ou d'un fusible)

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

[SOURCE: CEI 60050-441:2007, 441-17-37]

3.101.7

I^2t

intégrale de Joule

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

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

Note 1 à l'article: L' I^2t de pré-arc est l'intégrale I^2t pour la durée de pré-arc 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 A²s.

[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.

La liste des caractéristiques établies dans la CEI 62271-1 est applicable avec les compléments suivants:

- a) pouvoir de coupure assigné en court-circuit,
- b) tension transitoire de rétablissement assignée,
- c) pouvoir de fermeture assigné en court-circuit,
- d) courant de transition assigné sur fonctionnement provoqué par perceur,
- e) courant d'intersection assigné pour un combiné actionné par déclencheur.

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.

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 est applicable avec les compléments suivants:

Le courant assigné en service continu s'entend pour le combiné complet, constitué du socle et des fusibles utilisés.

Il n'est pas demandé que le courant assigné en service continu soit choisi dans la série R10.

4.4.2 Échauffement

Le paragraphe 4.4.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable, ainsi que la CEI 60282-1 en ce qui concerne les fusibles.

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 manœuvre

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

4.101 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit est le plus grand courant de court-circuit présumé que le combiné doit être capable de couper, dans les conditions d'utilisation et de

fonctionnement fixées dans la présente Norme, dans un circuit dont la tension de rétablissement à fréquence industrielle correspond à la tension assignée du combiné et dont la tension transitoire de rétablissement est égale à la valeur assignée spécifiée en 4.102.

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit s'exprime par la valeur efficace de la composante alternative du courant.

Les pouvoirs de coupure assignés doivent être choisis dans la série R10.

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

NOTE 2 Il est reconnu que l'impédance série du combiné ou le fonctionnement rapide des fusibles ou de l'interrupteur peut provoquer l'un des deux ou les deux effets suivants:

- a) la réduction du courant de court-circuit à une valeur notablement plus faible que celle qu'il atteindrait autrement;
- b) un fonctionnement suffisamment rapide pour déformer l'onde du courant de court-circuit. C'est pourquoi on utilise le terme "courant présumé" pour définir les performances de fermeture et de coupure.

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 définissant la limite supérieure de la tension transitoire de rétablissement présumée des circuits que le combiné doit être capable de couper en cas de court-circuit.

Les paramètres de la tension transitoire de rétablissement présumée définis dans la CEI 60282-1 sont applicables.

4.103 Pouvoir de fermeture assigné en court-circuit

Le pouvoir de fermeture assigné en court-circuit est la valeur maximale de crête du courant présumé que le combiné doit être capable d'établir, dans les conditions d'utilisation et de comportement définies dans la présente Norme, dans un circuit dont la tension à fréquence industrielle correspond à la tension assignée du combiné. Il doit être égal à 2,5 fois (50 Hz) ou 2,6 fois (60 Hz) la valeur efficace du pouvoir de coupure assignée en court-circuit.

NOTE Voir également la note de 4.101.

4.104 Courant de transition assigné (sur fonctionnement provoqué par percuteurs) ($I_{rtransfer}$)

Le courant de transition assigné est la valeur efficace maximale du courant de transition que l'interrupteur du combiné est capable d'interrompre.

4.105 Courant d'intersection assigné pour combinés actionnés par déclencheur (I_{t0})

Le courant d'intersection assigné est la valeur efficace maximale du courant d'intersection que l'interrupteur du combiné est capable d'interrompre.

5 Conception et construction

5.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles

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

5.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les combinés interrupteurs-fusibles

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

5.3 Raccordement à la terre du combiné interrupteur-fusibles

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

5.4 Equipements auxiliaires 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 avec le complément suivant:

Les manœuvres manuelles dépendantes ne sont pas autorisées.

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 avec le complément suivant:

NOTE Le combiné interrupteur-fusibles est capable de couper le courant de défaut, sans nécessiter de retard.

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 basse et haute 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 le complément suivant:

La plaque signalétique d'un combiné interrupteur-fusibles doit contenir les renseignements indiqués au Tableau 1.

Tableau 1 – Plaques signalétiques

(1)	Abréviation (2)	Unité (3)	Combiné interrupteur- fusible (4)	Dispositif de commande (5)	Condition d'inscription nécessaire (6)
Constructeur			X	Y	Seulement si indépendant du combiné et/ou constructeurs différents
Désignation de type			X	Y	Seulement si indépendant du combiné et/ou constructeurs différents
Numéro de série			X	(Y)	Seulement si indépendant du combiné et/ou constructeurs différents
Numéro de la présente Norme			X		
Tension assignée	U_r	kV	X		
Tension de tenue assignée aux	U_b	kV	X		

(1)	Abréviation (2)	Unité (3)	Combiné interrupteur- fusible (4)	Dispositif de commande (5)	Condition d'inscription nécessaire (6)
chocs de foudre					
Fréquence assignée	f_r	Hz	X		
Courant en service continu avec fusibles	Voir liste de référence		X		
Pression assignée de remplissage pour la manœuvre	P_{rm}	MPa		Y	Si applicable
Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande	U_a	V		Y	Si applicable
Année de fabrication			X		
Classe de température			Y		Différent de –5 °C pour intérieur –25 °C pour extérieur
Fluide isolant et masse		kg	Y		Si applicable
X L'inscription de ces valeurs est obligatoire; les cases vides correspondent à des valeurs nulles. Y L'inscription de ces valeurs est obligatoire et dépend des conditions figurant à la colonne (6). (Y) L'inscription de ces valeurs est facultative et dépend des conditions figurant à la colonne (6). NOTE Les abréviations de la colonne (2) peuvent être utilisées à la place des termes de la colonne (1). Lorsque les termes de la colonne (1) sont employés, il n'est pas nécessaire de faire apparaître le mot "assigné".					

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 Etanchéité au gaz et au vide

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

5.16 Etanchéité 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 Tringleries de liaison entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur de l'interrupteur

Les tringleries entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur de l'interrupteur doivent être conçues de telle sorte que l'interrupteur fonctionne convenablement, aussi bien en 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). On trouvera dans la CEI 60282-1 les exigences relatives aux percuteurs.

5.102 Circonstances de faible courant de défaut (circonstances de longue durée de pré-arc des fusibles)

Le combiné interrupteur-fusibles doit être conçu de manière à fonctionner de façon satisfaisante à toutes les valeurs de courant coupé, depuis le courant coupé maximal assigné jusqu'au courant minimal de fusion, dans des circonstances de faibles courants de défaut. Cela est réalisé si les conditions suivantes sont satisfaites:

a) la coordination entre l'interrupteur et les fusibles est assurée par les conditions 1), 2) ou 3) ci-dessous:

- 1) la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles du combiné interrupteur-fusibles doit être plus courte que la durée d'arc maximale que les fusibles peuvent supporter, comme cela est spécifié dans la CEI 60282-1,

NOTE De nouveaux essais ont été introduits dans la CEI 60282-1 pour vérifier que la durée d'arc maximale que le fusible peut supporter, dans des circonstances de longue durée de pré-arc des fusibles, soit supérieure à 100 ms.

- 2) quand le constructeur des fusibles peut prouver que le fusible a été éprouvé avec succès à toutes les valeurs de courant coupé, depuis le courant coupé maximal assigné jusqu'au courant minimal de fusion assigné du fusible dans le combiné (fusibles dits à coupure intégrale), alors la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles des combinés interrupteurs-fusibles est considérée comme non applicable,
- 3) quand il peut être prouvé que le déclencheur thermique du percuteur des fusibles entraîne la coupure du courant avant que l'arc dans ceux-ci puisse apparaître, 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 combiné ne diminue pas ses performances, comme il est démontré dans l'essai décrit en 6.104.

6 Essais de type

L'Article 6 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments et les exceptions indiqués ci-dessous.

NOTE Toutes les tolérances sont définies à l'Annexe C.

6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 de la CEI 62271-1:2007 est remplacé comme suit:

L'objectif des essais de type est de démontrer les caractéristiques des combinés interrupteurs-fusibles, de leurs dispositifs de manœuvre et de leurs équipements auxiliaires.

Il est exigé que l'interrupteur du combiné ait été soumis aux essais en tant que constituant individuel, en conformité avec la CEI 62271-103, excepté pour les exigences de courant de courte durée admissible et de pouvoir de fermeture en court-circuit, car ces paramètres seront influencés par les fusibles.

De plus, il est entendu que les fusibles ont été soumis aux essais selon les exigences de la CEI 60282-1.

Les essais de type comportent:

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

Ainsi, pour les combinés, trois groupes d'essais sont effectués:

- a) essais de l'interrupteur conformément à la CEI 62271-103; ces essais peuvent être effectués sur un autre combiné que celui utilisé pour les essais c);
- b) essais des fusibles conformément à la CEI 60282-1;
- c) essais du combiné conformément à la présente Norme.

Dans le cas des fusibles-interrupteurs, les essais de la CEI 62271-103 et les essais décrits en 6.102 de la présente Norme doivent être effectués après avoir remplacé, comme il a été spécifié, les fusibles par des connexions rigides de mêmes forme, dimension et masse que ces fusibles.

Le combiné soumis à l'essai doit être comme neuf, avec des contacts propres et équipés de fusibles appropriés.

6.1.1 Groupement des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

- des essais de fermeture et de coupure peuvent être effectués sur des spécimens d'essai supplémentaires;
- des spécimens d'essai supplémentaires peuvent être utilisés pour des essais de type supplémentaires.

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 Informations 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 les compléments suivants:

6.2.9 Essais de décharges partielles

Le paragraphe 6.2.9 de la CEI 62271-1:2007, est remplacé ce qui suit:

Aucun essai de décharges partielles n'est requis sur le combiné complet. Toutefois, les composants doivent satisfaire, de ce point de vue, à leurs normes CEI respectives.

6.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

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

6.4 Mesurage de la résistance des circuits

Le paragraphe 6.4 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Des connexions rigides de résistance négligeable doivent être utilisées à la place des fusibles, et la résistance de ces connexions doit être notée.

6.5 Essais d'échauffement

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

L'essai d'échauffement du combiné doit être effectué aux courants assignés en service continu du combiné avec tous les fusibles de la liste de référence. Toutefois, le nombre d'essais peut être réduit en appliquant les critères du 6.105.2.

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 62271-103:2011 est applicable.

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:

Du fait que cet essai est indépendant de l'appareil de connexion, mais uniquement appliqué aux interrupteurs seuls (ampoules à vide) en tant que composant, les résultats des essais peuvent être validés pour plusieurs types d'appareils de connexion, à condition que le type d'interrupteur soit correctement identifié et que l'espacement entre les contacts ouverts soumis aux essais soit inférieur à celui du combiné interrupteur-fusibles.

6.101 Essais d'établissement et de coupure

6.101.1 Généralités

Ce paragraphe comporte quatre séries d'essais:

- TD_{ISC} : essais de fermeture et de coupure au pouvoir de coupure assigné en court-circuit;
- TD_{IWmax} : essais de fermeture et de coupure à l'intégrale de Joule I^2t maximale;
- $TD_{Itransfer}$: essais de coupure au courant de transition assigné;
- TD_{Ito} : essais de coupure au courant d'intersection assigné.

6.101.2 Conditions pour réaliser les essais

6.101.2.1 État du combiné avant les essais

Le combiné soumis aux essais doit être monté complet sur son propre support ou sur un support équivalent. Son dispositif de manœuvre 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, respectivement, en 4.8 et 4.10 de la CEI 62271-1:2007, à moins que l'arrachement du courant n'influence les résultats d'essais. Dans ce dernier cas, le combiné doit être alimenté à une tension ou à une pression de gaz comprise dans les tolérances spécifiées en 4.8 et 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 combiné fonctionne correctement à vide lorsque les conditions ci-dessus sont remplies.

Les combinés à manœuvre indépendante manuelle 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 combiné est prévu pour être alimenté de n'importe quel côté et que la géométrie d'un côté de la coupure ou des coupures du combiné diffère de celle qui existe de l'autre côté, le côté sous tension du circuit d'essai doit être raccordé au combiné 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 fusibles utilisés pour les essais doivent être choisis de manière à ce que le résultat des séries d'essais soit considéré valable pour tous les combinés constitués du même socle et tout fusible de la liste de référence. Pour les essais de courant d'intersection des combinés actionnés par déclencheur, les relais ou déclencheurs à maximum de courant (s'ils sont installés) doivent être avec la durée d'ouverture minimale de l'interrupteur provoquée par le déclencheur associé avec les fusibles utilisés. Les essais doivent être réalisés à température ambiante et sans charge préexistante, sauf mention contraire.

6.101.2.2 Fréquence d'essai

Les combinés doivent être, en principe, soumis aux essais à la fréquence assignée avec une tolérance de $\pm 8 \%$. Cependant, par commodité d'essai, des écarts à cette tolérance sont

admis; ainsi, lorsque des combinés de fréquence assignée de 50 Hz sont soumis aux essais 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 du combiné et le type d'essais effectué.

Dans quelques cas les caractéristiques assignées d'un combiné utilisé à 60 Hz peuvent être différentes de ses caractéristiques assignées à 50 Hz.

6.101.2.3 Facteur de puissance

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être déterminé par mesurage et doit être pris comme la moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Pendant les essais, la valeur moyenne doit correspondre aux valeurs données en 6.101.3.1, 6.101.3.2, 6.101.3.3 et 6.101.3.4.

6.101.2.4 Disposition des circuits d'essais

Pour les séries d'essais $TD_{I_{SC}}$ et $TD_{I_{Wmax}}$, le combiné doit être relié de préférence à un circuit ayant le point neutre de l'alimentation isolé et le point neutre du court-circuit triphasé à la terre, comme indiqué à la Figure 1a. Si le point neutre de l'alimentation ne peut pas être isolé, il doit être alors relié à la terre et le point neutre du court-circuit triphasé doit être isolé comme indiqué à la Figure 1b.

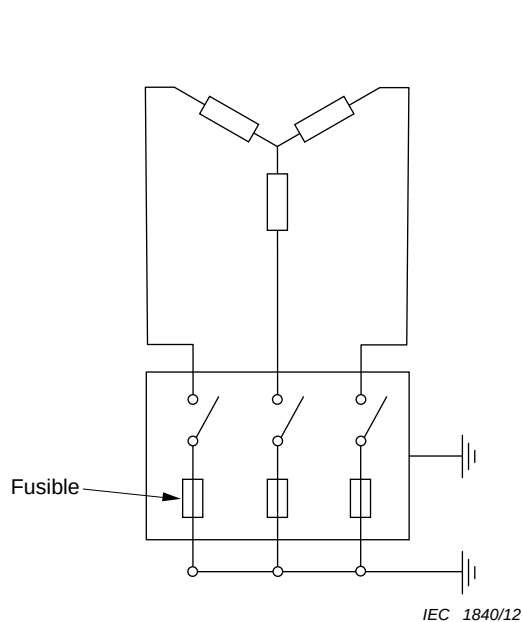


Figure 1a – Mise à la terre recommandée

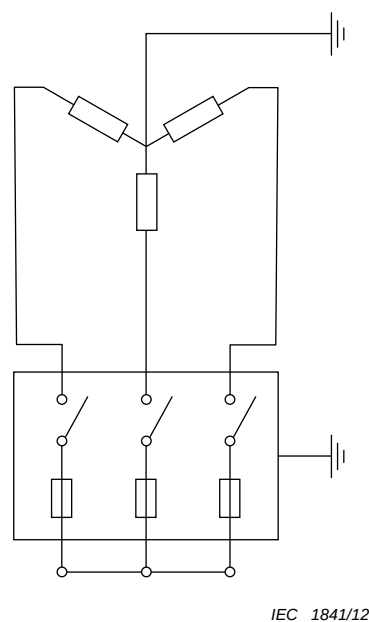


Figure 1b – Variante de mise à la terre

Figure 1 – Disposition des circuits d'essai pour les séries d'essais $TD_{I_{SC}}$ et $TD_{I_{Wmax}}$

Pour les séries d'essais $TD_{I_{transfer}}$ et $TD_{I_{to}}$, le combiné doit être raccordé à un circuit comme indiqué, respectivement, aux Figures 2 et 3.

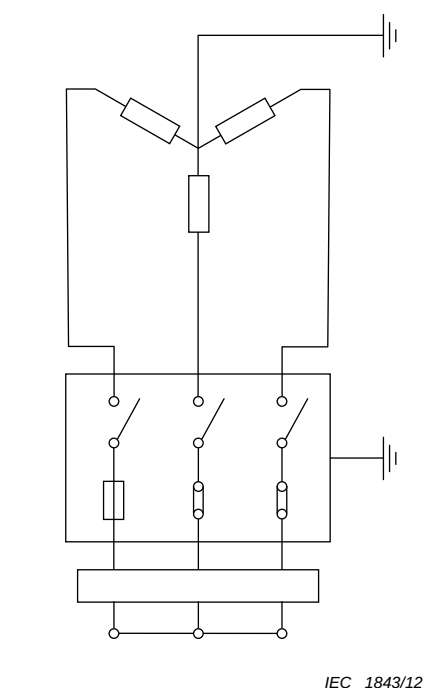
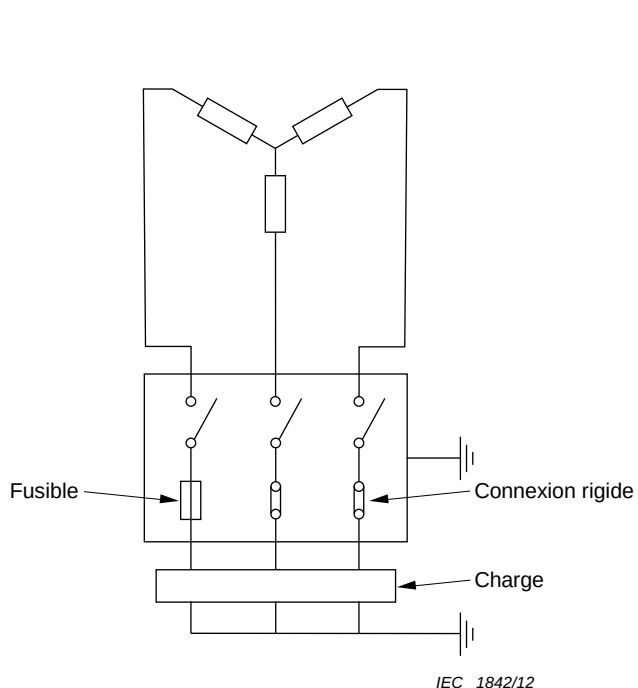


Figure 2a – Mise à la terre recommandée

Figure 2b – Variante de mise à la terre

Figure 2 – Disposition des circuits d'essais pour la série d'essais $TD_{Itransfer}$

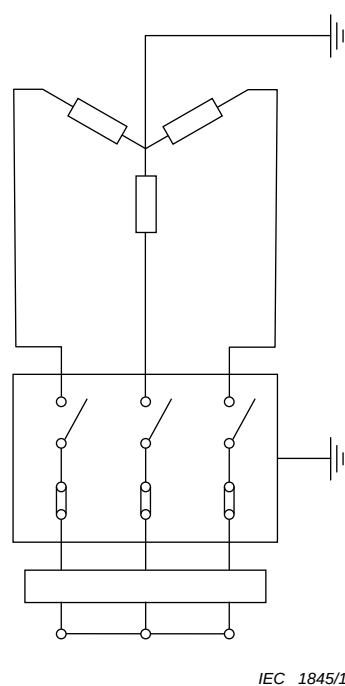
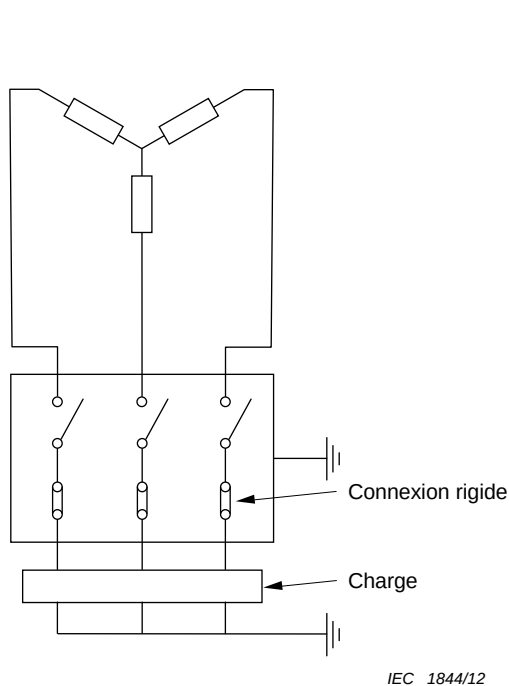


Figure 3a – Mise à la terre recommandée

Figure 3b – Variante de mise à la terre

Figure 3 – Disposition des circuits d'essais pour les séries d'essais TD_{Ito}

Pour les combinés 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. Le fil fusible peut également être connecté à l'enroulement secondaire d'un transformateur d'intensité de rapport 1:1. Il convient que la borne du secondaire du transformateur d'intensité soit protégée 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.

6.101.2.5 Tension d'essai pour les essais de coupure

La tension d'essai est la moyenne des tensions entre phases mesurées au niveau du combiné, immédiatement après la coupure.

La tension doit être mesurée aussi près que possible des bornes du combiné, 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 combiné.

La tolérance sur la valeur moyenne est de $\pm 5\%$ de la valeur spécifiée, et la tolérance sur chaque phase est de $\pm 20\%$ par rapport à la valeur moyenne.

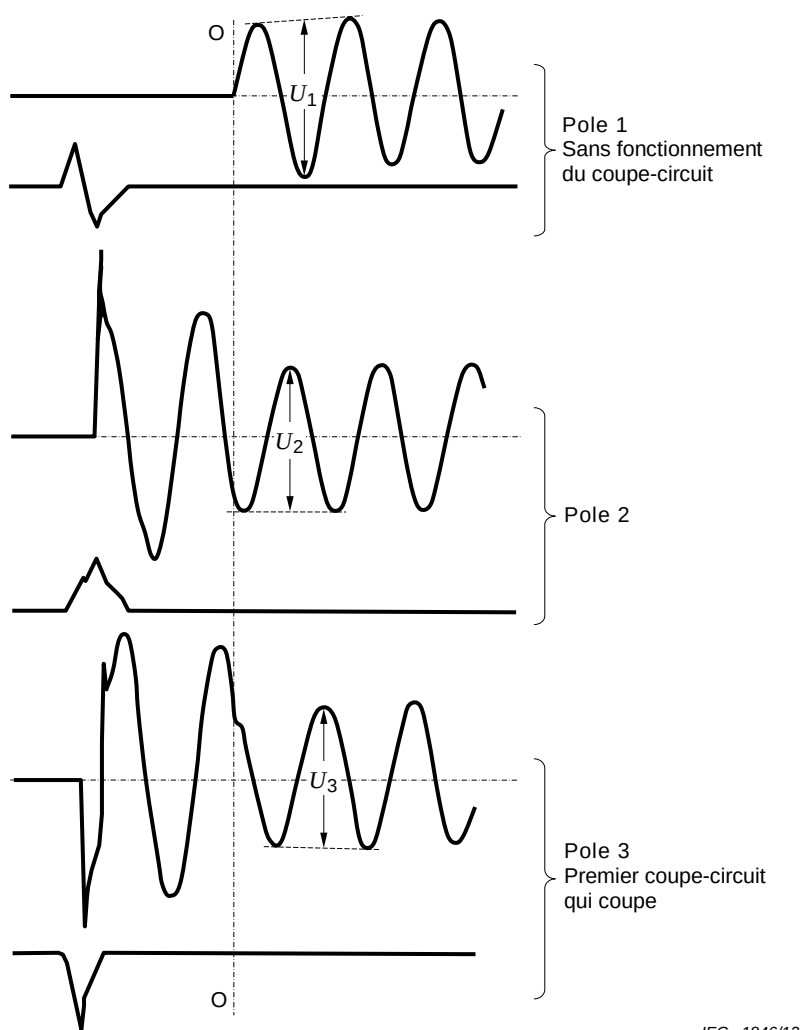
6.101.2.6 Tension de rétablissement à fréquence industrielle

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.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle d'un circuit d'essai triphasé doit être la valeur moyenne de la tension de rétablissement à fréquence industrielle de toutes les phases mesurées après l'ouverture de l'interrupteur.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle du circuit d'essai doit être mesurée aux bornes de chaque pôle du combiné et dans chaque phase du circuit d'essai.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être mesurée une période après l'ouverture de l'interrupteur, conformément aux indications de la Figure 4.



IEC 1846/12

Légende

$U_1/2\sqrt{2}$ tension du pôle 1

$U_2/2\sqrt{2}$ tension du pôle 2

$U_3/2\sqrt{2}$ tension du pôle 3

OO instant d'ouverture de l'appareil mécanique de connexion

Moyenne des tensions 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 4 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

6.101.2.7 Tension appliquée avant les essais d'établissement sur court-circuit

La tension appliquée (voir 3.7.114), avant les essais de fermeture sur court-circuit pour les séries d'essais TD_{Isc} et TD_{IWmax} est la valeur efficace de la tension aux bornes d'un pôle immédiatement avant l'essai.

La valeur moyenne des tensions triphasées appliquées ne doit pas être inférieure à la tension assignée du combiné divisée par $\sqrt{3}$ et 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.

6.101.2.8 Courant coupé

Pour les séries d'essais TD_{ISC} et TD_{IWmax} , 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 $TD_{Itransfer}$ et TD_{Ito} , le courant coupé doit être la valeur efficace de la composante alternative mesurée au début de l'arc.

Pour les séries d'essais TD_{ISC} , TD_{IWmax} et TD_{Ito} , la valeur efficace de la composante alternative du courant coupé de tous pôles ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la valeur moyenne. Pour la série d'essais $TD_{Itransfer}$, la valeur efficace de la composante alternative du courant coupé dans les deux pôles équipés de connexions rigides ne doit pas être inférieure à $\sqrt{3}/2$, soit 87 % du courant du premier pôle qui coupe, c'est-à-dire du pôle équipé d'un fusible.

6.101.2.9 Tension transitoire de rétablissement

La tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit d'essai doit être déterminée par une méthode telle que les appareils servant à générer et à mesurer l'onde de tension soient sans influence pratique sur cette onde. Elle doit être mesurée aux bornes auxquelles le combiné en essai sera raccordé, tous les dispositifs de mesure nécessaires, tels que les diviseurs de tension, étant en place. Des méthodes appropriées sont décrites à l'Annexe F de la CEI 62271-100:2008.

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'essai conforme aux indications de 6.101.2.4.

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 5, et par sa partie initiale.

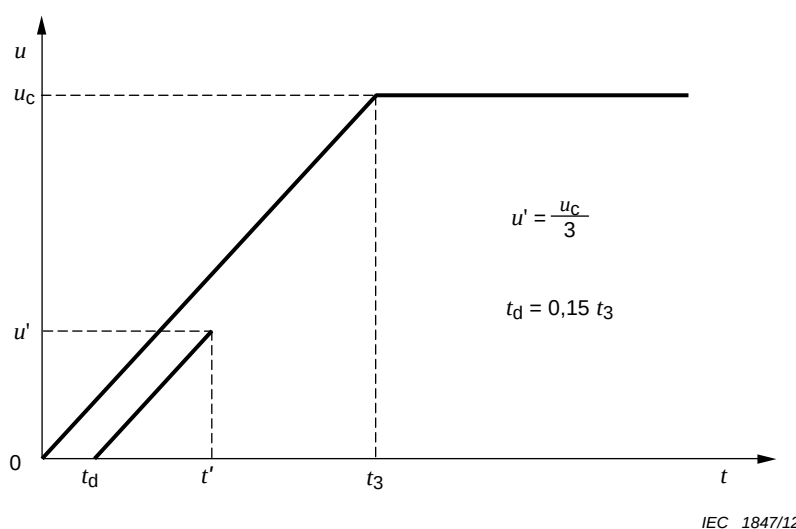


Figure 5 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et à un segment définissant le retard

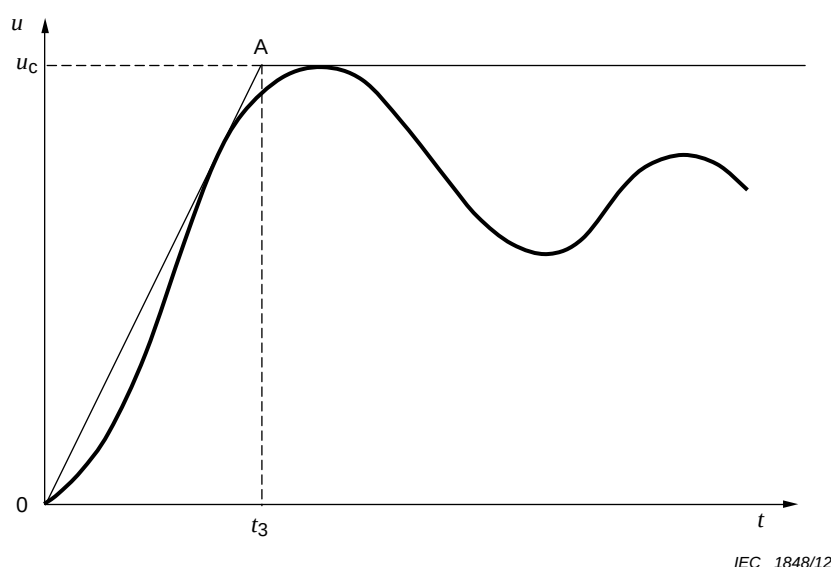


Figure 6 – Exemple d'un tracé de référence à deux paramètres pour une TTR

L'onde de tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'essai doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) son enveloppe ne doit jamais être située en dessous du tracé de référence spécifié;

Il est précisé que l'accord du constructeur est nécessaire pour fixer de combien l'enveloppe peut dépasser le tracé de référence spécifié.

- b) sa partie initiale ne doit pas traverser le segment de droite spécifié définissant le retard, quand un tel retard est spécifié.

6.101.3 Procédures d'essais

6.101.3.1 Série d'essais TD_{ISC} – Essais d'établissement et de coupure au courant de court-circuit assigné

Cette série d'essais est effectuée pour montrer que l'interrupteur est capable de supporter et d'établir sans dommage le courant coupé limité des fusibles et que le percuteur provoque bien l'ouverture de l'interrupteur pour cette valeur de courant. Les trois pôles du combiné sont équipés de fusibles pour cet essai.

On doit effectuer un essai de coupure et un essai d'établissement-coupure dans un circuit triphasé dont les valeurs efficace et de crête du courant présumé sont égales aux valeurs assignées en court-circuit du combiné avec une tolérance de ${}^{+5}_{0}\%$.

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être compris entre 0,07 et 0,15 en retard.

La tension appliquée doit être conforme aux indications de 6.101.2.7.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle (voir 6.101.2.6) doit être égale à la tension assignée du combiné divisée par $\sqrt{3}$. La tolérance sur la valeur moyenne est de $\pm 5\%$ de la valeur spécifiée, et la tolérance sur chaque phase est de $\pm 20\%$ par rapport à la valeur moyenne.

La tension transitoire de rétablissement présumée doit être conforme aux indications données en 4.102 et 6.101.2.9.

L'essai de coupure de cette série d'essais doit être effectué avec un angle de début d'arc dans un des fusibles des pôles extrêmes conforme aux indications de la CEI 60282-1, série d'essais 1, c'est-à-dire être compris entre 65 et 90 degrés électriques après le zéro de tension de la phase considérée.

6.101.3.2 Série d'essais $TD_{IW_{max}}$ – Essais d'établissement et de coupure au maximum de I^2t à la coupure

Lorsqu'elle est effectuée, son but est de vérifier le comportement du combiné sous un courant présumé approximativement égal à celui produisant le I^2t maximum pour la combinaison interrupteur à fusible. Les trois pôles du combiné sont équipés de fusibles pour cet essai.

Les combinés dans lesquels l'interrupteur atteint sa position pleinement fermée avant d'ouvrir sous l'action du percuteur, et qui ont été soumis, dans les conditions de la CEI 62271-103, à deux essais d'établissement avec une valeur de crête non inférieure à 2,5 fois I^2t (50 Hz), ou 2,6 fois I^2t (60 Hz), et à un essai de tenue au courant de courte durée d'une durée non inférieure à 0,1 s pour une valeur de courant non inférieure à I^2t (c'est-à-dire le courant de court-circuit présumé pour la série d'essais 2 de la CEI 60282-1), sont dispensés de la série d'essais $TD_{IW_{max}}$ de la présente Norme.

La série d'essais peut également être omise si le ou les fusibles soumis aux essais dans le combiné, lors de la série TD_{ISC} de la présente Norme, ont une valeur publiée de l'intégrale de Joule I^2t , lors de la série d'essais 1 selon la CEI 60282-1, supérieure à celle de la série d'essais 2 de la CEI 60282-1.

On doit effectuer un essai de coupure et un essai d'établissement-coupure dans un circuit triphasé dont la valeur du courant présumé est égale, dans la tolérance de $\pm 10 \%$, à celle du courant présumé requis pour vérifier la valeur du I^2t de la CEI 60282-1 pour les essais des fusibles incorporés au combiné.

Le facteur de puissance du circuit d'essai doit être compris entre 0,07 et 0,15 en retard.

La tension appliquée doit être conforme aux indications de 6.101.2.7. Pour l'essai de coupure de cette série d'essais, la manœuvre doit être réalisée avec une fermeture synchronisée du circuit de telle sorte que le courant apparaisse sous un angle compris entre 0 et 20 degrés électriques après le zéro de tension, sur l'une quelconque des phases.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle (voir 6.101.2.6) doit être égale à la tension assignée du combiné, divisée par $\sqrt{3}$. La tolérance sur la valeur moyenne est de $\pm 5 \%$ de la valeur spécifiée, et la tolérance sur chaque phase est de $\pm 20 \%$ par rapport à la valeur moyenne.

La tension transitoire de rétablissement présumée doit être conforme aux indications de 6.101.2.9, ainsi qu'aux valeurs spécifiées pour la série d'essais 2 de la CEI 60282-1.

6.101.3.3 Série d'essais $TD_{I_{transfer}}$ – Essais de coupure au courant de transition assigné

Cette série d'essais est effectuée pour prouver la bonne coordination entre l'interrupteur et les fusibles dans la zone de courant où l'interrupteur prend la relève des fusibles pour assurer la coupure (voir 3.7.109).

La série d'essais $TD_{I_{transfer}}$ peut être omise dans le cas de combinés actionnés par déclencheur, si le courant d'intersection est supérieur ou égal au courant de transition.

On doit effectuer trois essais de coupure dans un circuit triphasé, comme représenté à la Figure 2a, avec les fusibles de deux pôles remplacés par des connexions rigides d'impédance négligeable. Les deux pôles équipés de ces connexions rigides doivent être différents pour

chacun des trois essais. Dans le cas de fusibles-interrupteurs, les connexions rigides doivent avoir les mêmes forme, dimension et masse que celles des fusibles qu'elles remplacent.

Si cette procédure, consistant à utiliser un fusible sur un pôle et deux connexions rigides sur les deux autres, n'est pas commode pour la réalisation des essais en station, le fusible peut être supprimé et l'interrupteur déclenché par tout autre moyen. Dans le cas de fusibles-interrupteurs, le fusible doit être alors remplacé soit par un fusible factice (par exemple un fusible fondu), soit par une connexion isolante de mêmes forme, dimension et masse que le fusible.

Le circuit d'essai doit comprendre un circuit d'alimentation triphasé ainsi qu'un circuit de charge également triphasé (voir Figures 2a et 2b).

Le circuit de charge doit être un circuit série R-L.

Le circuit d'alimentation doit avoir un facteur de puissance n'excédant pas 0,2 en retard et doit remplir les exigences suivantes:

- a) la composante symétrique du courant de court-circuit du circuit d'alimentation ne doit pas excéder le pouvoir de coupure assigné du combiné, ni être inférieure à 5 % de ce pouvoir de coupure;
- b) l'impédance du circuit d'alimentation doit être comprise entre 12 % et 18 % de l'impédance totale du circuit d'essai prévue pour la série d'essais TD_{transfer} . Lorsque par suite des limitations de la station d'essai cette condition ne peut être satisfaite, le pourcentage peut être réduit, mais on doit s'assurer que la TTR présumée qui en résulte n'est pas moins sévère;
- c) la tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'alimentation dans les conditions de court-circuit doit être conforme à la CEI 60282-1.

Le facteur de puissance du circuit de charge, déterminé conformément aux indications du 6.101.2.3, doit être:

- compris entre 0,2 et 0,3 en retard si le courant coupé est supérieur à 400 A;
- compris entre 0,3 et 0,4 en retard si le courant coupé est inférieur ou égal à 400 A.

La tension d'essai doit être conforme aux exigences de 6.101.2.5.

La tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à la tension assignée du combiné divisée par $\sqrt{3}$. La tolérance sur la valeur moyenne est de $\pm 5\%$ et la tolérance sur chaque phase est de $\pm 20\%$ par rapport à la valeur moyenne.

La tension transitoire de rétablissement présumée du circuit de charge, en vue de son réglage, doit être conforme aux indications du 6.101.2.9 et au Tableau 2 ou 3, selon le cas. Il n'est pas spécifié de retard.

Tableau 2 – Valeurs normalisées de la TTR présumée pour la série d'essais TD_{Itransfer} (Pratique en Europe)

Tension assignée U_r kV	Valeur de crête de la TTR u_c kV	Temps t_3 μs	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 kV/μs
3,6	6,2	80	0,077
7,2	12,3	104	0,115
12	20,6	120	0,167
17,5	30	144	0,208
24	41	176	0,236
36	62	216	0,285
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times U_r \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$			

Tableau 3 – Valeurs normalisées de la TTR présumée pour la série d'essais TD_{Itransfer} (Pratique aux États-Unis d'Amérique et au Canada)

Tension assignée U_r kV	Valeur de crête de la TTR u_c kV	Temps t_3 μs	Vitesse d'accroissement u_c/t_3 kV/μs
2,8	4,8	74	0,065
5,5	9,4	92	0,103
8,3	14,2	108	0,132
15	25,7	132	0,195
15,5	26,6	134	0,198
27	46,3	186	0,249
38	65,2	222	0,293
$u_c = 1,4 \times 1,5 \times U_r \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$			

NOTE 1 Les Tableaux 2 et 3 se rapportent au premier pôle qui coupe dans un circuit triphasé, c'est-à-dire le pôle équipé d'un fusible (ou d'un fusible factice/ou d'une connexion isolante).

NOTE 2 Les valeurs indiquées dans les Tableaux 2 et 3 s'appliquent aux installations classiques où les courants de transition sont plus petits que ceux dus aux courts-circuits francs aux bornes secondaires des transformateurs; ces derniers sont normalement éliminés par les fusibles. Cependant, elles peuvent ne pas être valables pour des applications où l'interrupteur doit couper de tels courants dus aux courts-circuits francs aux bornes secondaires. De tels cas font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

6.101.3.4 Série d'essais TD_{Ito} – Essais de coupure au courant d'intersection assigné (combinés actionnés par déclencheur seulement)

Cette série d'essais n'est obligatoire que pour les combinés actionnés par déclencheur. Elle est effectuée pour démontrer la parfaite coordination entre l'interrupteur actionné par le déclencheur et les fusibles dans la zone de courant où l'interrupteur, sous l'action du déclencheur, prend la relève des fusibles pour assurer la coupure.

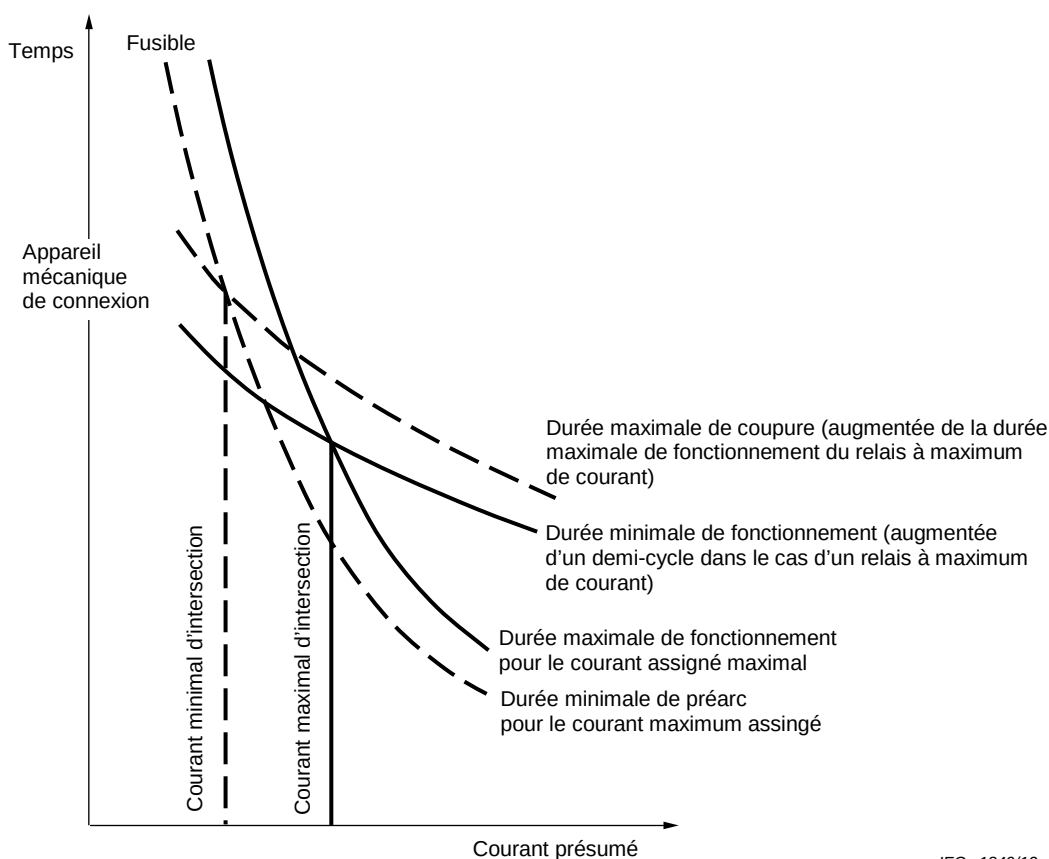
On doit effectuer trois essais de coupure dans un circuit triphasé, comme représenté à la Figure 3, les fusibles dans les trois pôles étant remplacés par des connexions rigides d'impédance négligeable. Dans le cas de fusibles-interrupteurs, les connexions rigides doivent avoir les mêmes formes, dimensions et masses que celles des fusibles qu'elles remplacent.

Le circuit d'essai doit être le même que celui prévu pour la série d'essais TD_{Itransfer}.

La valeur du courant d'essai correspond à

- a) la durée d'ouverture minimale de l'interrupteur provoquée par le déclencheur plus, s'il y a lieu, la moitié d'une période représentant la durée de fonctionnement minimale d'un relais à maximum de courant ou d'un relais de terre, externe à l'appareil;
- b) la durée de fonctionnement maximale du fusible de courant assigné le plus élevé.

Voir la Figure 7.



IEC 1849/12

Figure 7 – Caractéristiques pour la détermination du courant d'intersection

6.101.3.5 Résumé des paramètres d'essais

Le Tableau 4 ci-dessous résume les valeurs des paramètres à utiliser pour les séries d'essais.

Tableau 4 – Résumé des paramètres d'essais pour les séries d'essais

Série d'essais		Tension d'essai	Courant d'essai/angle de fermeture	Séquence d'essais	Facteur de puissance	TTR
N°	Circuit					
TD _{Isc}	Triphasé Figure 3	U_r	Voir 6.101.3.1 de la présente Norme	O CO	0,07 à 0,15 en retard	Voir la série d'essais 1 de la CEI 60282-1
TD _{IWmax}	Triphasé Figure 3	U_r	Voir 6.101.3.2 de la présente Norme	O CO	0,07 à 0,15 en retard	Voir la série d'essais 2 de la CEI 60282-1
TD _{Itransfer}	Triphasé/ biphasé Figure 2	U_r	$I_{rtransfer}$ ou $(0,87 I_{rtransfer})$ Voir 6.101.3.3 de la présente Norme	O O O	$I_{transfer} > 400 \text{ A}$ 0,2 à 0,3 en retard $I_{transfer} \leq 400 \text{ A}$ 0,3 à 0,4 en retard	Tableaux 2 et 3 de la présente Norme
TD _{Ito}	Triphasé Figure 3	U_r	I_{to} Voir 6.101.3.4 de la présente Norme	O O O	$I_{to} > 400 \text{ A}$ 0,2 à 0,3 en retard $I_{to} \leq 400 \text{ A}$ 0,3 à 0,4 en retard	Tableaux 2 et 3 de la présente Norme
NOTE Les facteurs de puissance indiqués pour les séries d'essais TD _{Itransfer} et TD _{Ito} sont ceux du circuit de charge.						

6.101.4 Comportement du combiné pendant les essais

Le combiné peut être examiné, mais non remis en état (hormis le remplacement des fusibles) entre deux quelconques des séries d'essais, devant être effectuées sur le même appareil.

Pendant les essais, le combiné ne doit montrer ni signes de contraintes excessives, ni phénomènes qui pourraient mettre en danger l'opérateur.

Pour les combinés 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 combinés, les flammes ou les particules métalliques, qui pourraient réduire le niveau d'isolement du combiné, ne doivent pas être projetées au-delà des limites fixées par le constructeur.

On admet qu'il n'y a pas eu de courant de fuite significatif si le fil, tel que défini en 6.101.2.4, est intact après l'essai.

Pour les séries d'essais TD_{Isc} et TD_{IWmax} l'interrupteur doit s'ouvrir sous l'action des percuteurs du fusible.

Pour les combinés avec des interrupteurs à vide, des décharges disruptives non maintenues (NSDD) peuvent se produire pendant la période de rétablissement de la tension suivant une manœuvre de coupure. Cependant, leur survenue n'est pas un signe de contrainte excessive appliquée à l'appareil de connexion en essai et ne présente aucun risque pour le système en service. Leur nombre n'est donc pas significatif en ce qui concerne l'interprétation du comportement de l'appareil en essai. Lorsque des NSDD sont rencontrées pendant les essais normaux, elles doivent être consignées, afin d'explicitier les 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.

NOTE 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.

6.101.5 État de l'appareil après les essais

Après les essais, les fusibles doivent satisfaire aux exigences du 5.1.3 de la CEI 60282-1:2009.

Après avoir effectué chaque série d'essais:

- a) Les parties mécaniques et les isolateurs du combiné 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 combiné doit être capable, sans remise en état, de supporter sa tension assignée sans défaillance diélectrique.
- c) Pour les combinés comprenant un interrupteur-sectionneur, les propriétés diélectriques en position ouverte de celui-ci ne doivent pas être réduites en dessous de celles spécifiées (voir 4.2 de la CEI 62271-1:2007) par suite d'une détérioration des parties isolantes au voisinage de la distance de sectionnement ou en parallèle avec celle-ci. Les exigences relatives aux sectionneurs de la CEI 62271-102 doivent être satisfaites.
- d) Le combiné doit être capable de supporter son courant assigné en service continu après remplacement des fusibles.

Le contrôle visuel et la manœuvre hors charge du combiné après les essais sont généralement suffisants pour contrôler ces exigences.

En cas de doute sur l'aptitude du combiné à remplir les conditions de 6.101.5 b), on doit procéder aux essais diélectriques normalisés de tenue à fréquence industrielle selon le 6.2.11 de la CEI 62271-1:2007. Pour les combinés interrupteurs-fusibles avec des interrupteurs scellés à vie, l'essai de vérification d'état est obligatoire sauf si l'interrupteur peut être démonté ou ouvert pour inspection.

En cas de doute sur l'aptitude du combiné à remplir les conditions de 6.101.5 c), lorsque cela est applicable, on doit procéder aux essais diélectriques normalisés de tenue à fréquence industrielle selon le 6.2.11 de la CEI 62271-1:2007. Pour les combinés interrupteurs-fusibles avec des interrupteurs scellés à vie, l'essai de vérification d'état est obligatoire sauf si l'interrupteur peut être démonté ou ouvert pour inspection.

Il convient de considérer les déviations nationales comme définies dans l'avant-propos de la CEI 62271-1.

En cas de doute sur l'aptitude du combiné à remplir les conditions de 6.101.5 d), lorsque cela est applicable, deux manœuvres supplémentaires d'établissement-coupure, au courant assigné en service continu, doivent être effectuées.

6.102 Essais de manœuvre mécanique

Des essais sur les tringleries de déclenchement doivent être réalisés comme suit:

- a) Pour vérifier la fiabilité mécanique des tringleries entre le ou les percuteurs des fusibles et le déclencheur de l'interrupteur, 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.

Après cette série d'essais, le fonctionnement mécanique des tringleries de déclenchement doit être pratiquement le même qu'avant les essais.

- b) Utilisant un élément de remplacement factice dont la sortie du percuteur a été réglée à la valeur minimale de la tolérance spécifiée dans la CEI 60282-1, on doit montrer

successivement sur chaque pôle que l'interrupteur, 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.

NOTE L'interrupteur étant conforme à la CEI 62271-103, aucun essai complémentaire de fonctionnement mécanique n'est exigé.

6.103 Essais de chocs mécaniques sur les fusibles

Pendant les essais des tringleries de déclenchement selon le 6.102 de la présente Norme, deux fusibles doivent être montés sur les deux pôles du combiné non équipés du dispositif de simulation du fonctionnement du percuteur, pendant les trois séries de 30 manœuvres demandées. Chacun des deux fusibles utilisés doit avoir le plus faible calibre de la liste de référence. Si ce calibre est mentionné avec plusieurs types de fusibles, alors les fusibles utilisés pour l'essai doivent être de types différents.

De plus, dans le cas de fusibles-interrupteurs seulement, on doit effectuer 90 cycles manuels de fermeture-ouverture avec trois fusibles montés sur le combiné.

Chacun des trois fusibles utilisés doit avoir le plus faible calibre de la liste de référence. Si ce calibre est mentionné avec plusieurs types de fusibles, alors les fusibles utilisés pour l'essai doivent être de types différents.

Après cette ou ces séries d'essais, les fusibles ne doivent présenter ni signe de dommage mécanique, ni changement de leur résistance. Ils ne doivent pas non plus s'être déplacés dans leurs contacts.

On peut admettre que la réussite de la ou des séries d'essais précédentes est suffisante pour justifier l'emploi de fusibles autres que ceux déjà soumis aux essais, sans répéter les essais de chocs mécaniques.

6.104 Essai thermique avec longue durée de pré-arc du fusible

Les conditions d'essais sont similaires à celles de l'essai d'échauffement (6.5 sans mesure d'échauffement). Toutefois, la tension à vide de l'alimentation doit être suffisante pour actionner le percuteur.

L'essai doit être réalisé sur le fusible de la liste de référence ayant le calibre le plus élevé de chaque série homogène. L'essai doit être effectué au courant donnant la température du corps du fusible la plus élevée, comme indiqué par le constructeur du fusible.

L'essai est réalisé en appliquant un courant d'essai de la valeur requise, comme indiqué ci-dessus, jusqu'au déclenchement du percuteur.

L'essai ci-dessus n'a pas à être répété pour les fusibles dont la température maximale du corps est plus faible que celle du fusible soumis aux essais.

L'essai est satisfaisant si

- a) le percuteur et l'interrupteur ont fonctionné correctement;
- b) il n'y a pas de dégâts au fusible, comme défini en 5.1.3 de la CEI 60282-1:2009.

NOTE De nouveaux essais ont été introduits dans la CEI 60282-1 de manière à définir la température de corps du fusible la plus élevée et les courants correspondants.

6.105 Extension de la validité des essais de type

6.105.1 Essais diélectriques

Les propriétés diélectriques peuvent être affectées si l'on utilise d'autres diamètres que celui du fusible soumis aux essais. L'extension de validité est restreinte aux fusibles ayant les mêmes dimensions extérieures.

6.105.2 Essais d'échauffement

La conformité aux essais d'échauffement du combiné constitué d'un socle et d'un type de fusible donné (notés X) établit la conformité de tout combiné constitué du même socle et de fusibles d'un autre type, pour le courant assigné en service continu de ce nouveau combiné, si les quatre critères ci-dessous sont satisfaits:

- les fusibles ont la même longueur que les fusibles X;
- les fusibles ont un courant assigné inférieur, ou égal, à celui des fusibles X;
- les fusibles ont une puissance dissipée (selon la CEI 60282-1) inférieure, ou égale, à celle des fusibles X;
- le déclassement des fusibles dans le combiné ($I_r \text{ combiné} / I_r \text{ fusible}$) 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'a pas à être pris en considération.

6.105.3 Essais d'établissement et de coupure

La conformité à la présente Norme, est également obtenue par des combinés différents, non soumis aux essais ou qui le sont partiellement, formés d'un socle et de fusibles, pourvu que les conditions suivantes soient remplies:

- a) tout fusible considéré doit être conforme à sa norme (CEI 60282-1);
- b) le même type de percuteur, c'est-à-dire moyen ou fort en accord avec la CEI 60282-1, doit équiper les fusibles;
- c) le type alternatif de fusible est tel que le courant coupé limité et I^2t de fonctionnement, comme cela est déterminé par la série d'essais 1 de la CEI 60282-1, ne soient pas plus grands que ceux du type soumis aux essais, déterminés dans des conditions similaires
- d) pour les fusibles-interrupteurs seulement, tout changement de la masse des éléments de remplacement ne doit pas remettre en cause les performances de coupure du fait d'un changement dans le fonctionnement mécanique (c'est-à-dire vitesse d'ouverture).

7 Essais individuels de série

L'Article 7 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

7.101 Essais de manœuvre mécanique

Des essais de fonctionnement doivent être effectués pour s'assurer que les combinés sont conformes aux conditions de fonctionnement prescrites dans les limites de tension et de pression spécifiées pour l'alimentation de leurs dispositifs de manœuvre.

Pendant ces essais, on doit vérifier, en particulier, que les combinés s'ouvrent et se ferment correctement lorsque leurs dispositifs de manœuvre sont mis sous tension ou sous pression. On doit vérifier également que la manœuvre ne cause aucun dommage aux combinés. Les fusibles-interrupteurs doivent être équipés des fusibles ayant les dimensions et la masse maximales. Pour les combinés interrupteurs-fusibles, les essais peuvent être effectués sans fusibles.

L'essai suivant doit être effectué sur tous les combinés interrupteurs-fusibles:

- a) dans les conditions de 6.102 sous l'action simulée du percuteur d'énergie minimale d'un fusible: une manœuvre d'ouverture par phase.

En outre, les essais suivants, lorsqu'ils s'appliquent, doivent être effectués:

- b) à la tension maximale d'alimentation spécifiée et/ou à la pression maximale spécifiée d'alimentation en gaz comprimé: cinq cycles de manœuvres;
- c) à la tension minimale d'alimentation spécifiée et/ou à la pression minimale spécifiée d'alimentation en gaz comprimé: cinq cycles de manœuvres;
- d) si le combiné peut être manœuvré aussi bien manuellement que par son dispositif électrique ou pneumatique normal: cinq cycles de manœuvres manuelles;
- e) pour les combinés manœuvrés manuellement seulement: dix cycles de manœuvres;
- f) pour les combinés actionnés par déclencheur seulement, à la tension d'alimentation assignée et/ou à la pression d'alimentation assignée en gaz comprimé: cinq cycles de manœuvres, le circuit de déclenchement étant alimenté par la fermeture des contacts principaux.

Les essais a), b), c), d) et e) doivent être effectués sans passage de courant dans les circuits principaux.

Pendant tous les essais individuels de série précédents, aucun réglage ne doit être effectué et le fonctionnement doit être sans défaut. Les positions ouvert et fermé doivent être atteintes pour chaque cycle de manœuvre des essais a), b), c), d) et e).

Après les essais, le combiné doit être examiné pour vérifier qu'aucune pièce n'a subi de dommages et que toutes les parties sont dans un état de fonctionnement satisfaisant.

8 Guide pour le choix des combinés interrupteurs-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 est applicable.

8.101 Guide pour le choix d'un combiné interrupteur-fusibles pour la protection des transformateurs

8.101.1 Généralités

L'objectif de ce guide d'application, en liaison avec celui des interrupteurs (voir l'Article 8 de la CEI 62271-103:2011) et celui des fusibles (la CEI/TR 60787 traite de la sélection des fusibles pour la protection des transformateurs) est de spécifier les critères qui permettront de définir le combiné interrupteur-fusibles garantissant un fonctionnement sûr, en utilisant les valeurs des paramètres obtenues lors des essais réalisés conformément à la CEI 62271-103 et à la CEI 60282-1, ainsi qu'à la présente Norme.

Les critères nécessaires à la coordination des fusibles haute tension avec d'autres constituants du circuit pour les applications de protection de transformateurs ainsi que les indications pour le choix de tels fusibles en fonction de leurs valeurs assignées et de leurs caractéristiques temps-courant sont donnés dans la CEI/TR 60787.

Les indications pour le choix des interrupteurs sont données à l'Article 8 de la CEI 62271-103:2011.

Les séries d'essais stipulées dans la présente Norme, ainsi que les indications données dans le but d'appliquer ces essais à d'autres combinés, couvrent la plupart des exigences des utilisateurs. Cependant, dans certains cas, par exemple lorsque l'on veut utiliser des fusibles du type associé d'un autre constructeur, alors que les essais de qualification du combiné ont été faits avec des fusibles du type à coupure intégrale, il peut être nécessaire de procéder à des essais complémentaires. Il convient que de tels essais fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

8.101.2 Pouvoir de coupure assigné en court-circuit

Le pouvoir de coupure assigné en court-circuit d'un combiné est principalement déterminé par celui des fusibles. Il doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit maximal du réseau à l'endroit où il est prévu d'installer le combiné.

8.101.3 Conditions de défaut au primaire d'un transformateur causé par un court-circuit franc à ses bornes secondaires

Les conditions de défaut au primaire d'un transformateur causé par un court-circuit franc à ses bornes secondaires correspondent à des valeurs très élevées de TTR, auxquelles l'interrupteur du combiné peut ne pas faire face (l'interrupteur n'est pas conçu pour ces conditions, ni soumis aux essais dans ces conditions). Par conséquent, les fusibles doivent être choisis de façon à ce qu'ils soient les seuls sollicités dans ces conditions de défaut, sans qu'il y ait une part de coupure reportée sur l'interrupteur. En pratique, cela implique de s'assurer que le courant de transition du combiné soit plus petit que le courant de défaut primaire donné par l'expression (voir Figure 8):

$$I_{sc} = \frac{100I_T}{Z}$$

où

I_T est le courant assigné du transformateur;

Z est l'impédance du transformateur exprimée en pourcentage.

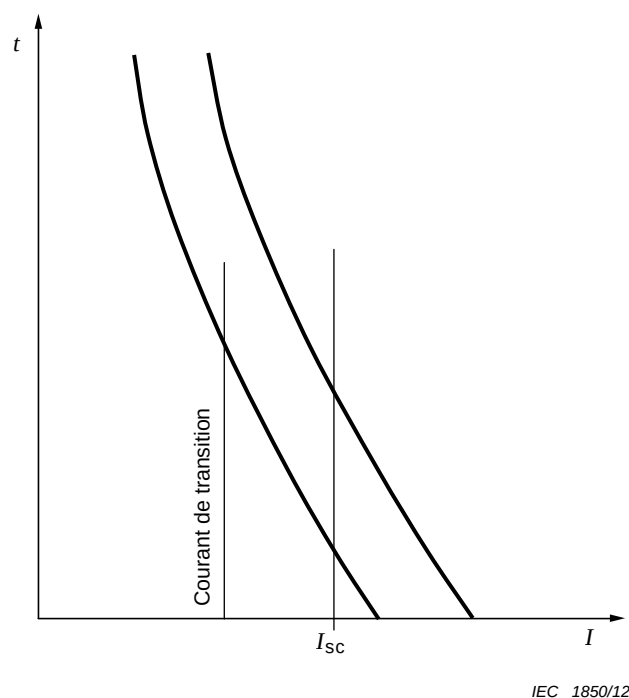


Figure 8 – Courant de transition vis-à-vis du courant de court-circuit au primaire I_{sc} lors d'un court-circuit franc aux bornes secondaires du transformateur

Cette condition étant satisfaite, alors le courant de transition correspond à des défauts pour lesquels l'impédance de l'arc ou de la ligne réduit l'amplitude à la fois du courant et de la TTR, et augmente le facteur de puissance.

Un exemple est donné à l'Annexe A.

Dans les cas où le fournisseur du système considère que la conception des connexions à basse tension (BT) entre le transformateur et l'appareillage de connexion BT (par exemple, à l'intérieur de postes préfabriqués, conformément à la CEI 62271-202), empêche un court-circuit franc aux bornes du secondaire du transformateur, il n'est pas nécessaire de considérer la condition de défaut ci-dessus pour le choix des éléments de remplacement.

Dans tous les autres cas, si les exigences de ce paragraphe ne peuvent pas être satisfaites, un interrupteur conforme à la CEI 62271-103 ne doit pas être mis en œuvre.

8.102 Coordination de l'interrupteur et des fusibles pour l'extension de la liste de référence

8.102.1 Généralités

Dans les alinéas suivants, pour être absolument exact, il convient de faire référence à la durée de coupure et non à la durée d'ouverture de l'interrupteur. Cependant, le temps d'ouverture est plus facilement disponible et est suffisamment proche du temps de coupure pour les besoins de la présente Norme.

8.102.2 Courant assigné en service continu

Il convient de se reporter au 9.3.2 de la CEI 60282-1:2009 qui commente le choix et la définition du courant assigné des fusibles et explique comment ce courant peut être affecté par le montage de ces fusibles dans une enveloppe.

Le courant assigné en service continu d'un combiné interrupteur-fusibles est fixé par le constructeur de cet interrupteur à fusibles sur la base des informations données par les essais d'échauffement et dépend des types et valeurs assignées de l'interrupteur et des fusibles. Il peut devoir être réduit lorsque la température de l'air ambiant en service, dépasse celle qui est spécifiée.

Le courant assigné en service continu d'un combiné est généralement inférieur à celui indiqué par le constructeur pour les fusibles, mais il est recommandé qu'il ne soit en aucun cas supérieur.

8.102.3 Performance sous faibles courants de défaut

Pour des courants de défaut inférieurs au courant minimal de coupure des fusibles équipant le combiné, le fonctionnement correct du combiné est assuré par le fonctionnement d'un ou de plusieurs percuteurs agissant sur le mécanisme de déclenchement de l'interrupteur (provoquant ainsi son déclenchement) avant que le fusible n'ait eu le temps d'être endommagé sous l'effet de son arc interne (voir 5.102). Des relais supplémentaires à maximum de courant pourraient être utilisés.

8.102.4 Courant de transition

Le courant de transition d'un combiné dépend à la fois de la caractéristique temps-courant des fusibles et de la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles.

Près du point de transition, pour un défaut triphasé, le fusible le plus rapide fond et coupe la première phase et son percuteur donne l'ordre d'ouverture à l'interrupteur.

Les deux autres phases voient alors un courant réduit (87 %), qui sera interrompu soit par l'interrupteur soit par les fusibles restant. Le point de transition est obtenu lorsque l'ouverture de l'interrupteur et la fusion de ces deux derniers fusibles se produisent simultanément.

Pour un combiné donné, le courant de transition déterminé selon la méthode décrite dans l'Annexe B, doit être plus petit que le courant de transition assigné.

8.102.5 Courant d'intersection

La valeur du courant d'intersection d'un combiné dépend à la fois de la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le déclencheur et de la caractéristique temps-courant du fusible. Comme son nom l'indique, c'est la valeur du courant à l'intersection des deux courbes à partir de laquelle les fusibles prennent la relève de l'interrupteur pour assurer la coupure.

Il convient que le comportement du relais et les caractéristiques du fusible soient tels que le courant d'intersection soit plus petit que le courant maximal d'intersection du combiné (voir définition 3.7.112 et les conditions d'essais de 6.101.3.4).

8.102.6 Extension de la validité des essais de type

Comme il a été reconnu qu'il pouvait être pratiquement impossible de soumettre aux essais tous les combinés interrupteurs-fusibles constitué à partir d'un socle et de fusibles ou de recommencer les essais chaque fois que les fusibles sont modifiés, la présente Norme spécifie les conditions nécessaires pouvant étendre la validité des essais d'échauffement, de fermeture et de coupure à des combinés autres que celui ou ceux soumis aux essais (voir 6.105).

8.103 Fonctionnement

- a) Les trois fusibles employés dans un combiné donné doivent tous être de même type et de même calibre, sinon les performances de coupure du combiné, pourraient en être défavorablement affectées.

- b) Il est vital, pour un fonctionnement correct du combiné, que les fusibles soient montés avec le percuteur du bon côté.
- c) Quand un interrupteur à fusibles a fonctionné sur défaut triphasé, il est possible que
 - 1) seulement deux fusibles sur trois aient fonctionné,
 - 2) les trois fusibles aient fonctionné, mais deux percuteurs seulement sur trois soient sortis.

De tels fonctionnements partiels peuvent se produire sur un fusible dans des conditions de service en triphasé et ne doivent pas être considérés comme anormaux.

- d) Lorsqu'un interrupteur à fusibles a fonctionné sans indication évidente de défaut, l'examen du fusible ou des fusibles ayant fonctionné peut donner une indication sur le type et la valeur approximative du courant de défaut. Une telle investigation est davantage à la portée du constructeur des fusibles.
- e) Les trois fusibles doivent être jetés et remplacés lorsque le ou les fusibles du combiné ont fonctionné sur un ou deux pôles.
- f) Avant d'enlever ou de remplacer des fusibles, il convient que l'opérateur s'assure que le socle du fusible est électriquement déconnecté de toutes les parties pouvant encore être sous tension. Cela est particulièrement important dans les cas où le socle du fusible n'est pas électriquement isolé d'une manière visible.

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Le paragraphe 9.1 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant:

Il convient que le demandeur, en plus des renseignements concernant l'interrupteur listés dans la CEI 62271-103, précise les limites de fourniture, c'est-à-dire si le combiné décrit comprend les éléments de remplacement (défini par combiné interrupteur-fusibles) ou non (défini par socle du combiné interrupteur-fusibles).

9.2 Renseignements pour les soumissions

Le paragraphe 9.2 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec les compléments suivants:

En plus des informations requises pour l'interrupteur dans la CEI 62271-103, le constructeur du combiné doit donner, outre les grandeurs assignées, les renseignements suivants.

- a) La liste des fusibles de référence qui doit comprendre la désignation du socle du combiné, les caractéristiques du courant coupé limité maximal démontré du fusible et, pour chaque fusible choisi, les informations suivantes:
 - la désignation du fusible (marque, type, caractéristiques);
 - le courant assigné en service continu du combiné;
 - le courant de court-circuit assigné du combiné;
 - le courant coupé limité assigné du combiné.
- b) Le milieu de remplissage (type et quantité), si applicable.

Sur demande, il convient de communiquer les renseignements pertinents pour l'extension de la validité des essais de type, à savoir:

- la longueur du fusible (6.105.2);
- le courant maximal assigné du fusible (6.105.2);
- la dissipation de puissance du fusible (6.105.2);
- le déclassement du fusible (6.105.2);

- l'intégrale de Joule (valeur maximale pour le type de fusible utilisé pour les essais 6.101.3.1 et 6.101.3.2).

10 Transport, stockage, installation, manœuvre et maintenance

L'Article 10 de la CEI 62271-1:2007 est applicable avec le complément suivant.

Les fusibles haute tension, quoique d'un aspect externe robuste, peuvent avoir des éléments fusibles relativement fragiles. En conséquence, il convient que les fusibles soient conservés dans leur emballage de protection jusqu'à leur mise en place et soient manipulés, au moins avec les mêmes précautions que les relais, les appareils de mesure ou autres appareils similaires. Lorsque les fusibles sont déjà montés sur le combiné, il convient de les retirer provisoirement pendant la mise en place définitive du combiné.

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 est applicable.

Annexe A (informative)

Exemple de coordination entre les fusibles, l'interrupteur et le transformateur

Le transformateur est choisi par l'utilisateur pour son service particulier, fixant ainsi les valeurs du courant à pleine charge et du courant de surcharge admissible.

Le courant de court-circuit maximal du réseau haute tension est connu.

On considère, pour cet exemple, un transformateur de 11 kV, 400 kVA, dans un réseau haute tension dont le courant de court-circuit maximal est de 16 kA.

- a) le courant à pleine charge est approximativement de 21 A;
- b) le courant de surcharge périodique admissible est de, disons, 150 % sur la prise de réglage "–5 %" du transformateur soit approximativement:

$$21 \text{ A} \times 1,05 \times 1,5 = 33 \text{ A}$$

- c) dans l'hypothèse où il vaut 12 fois le courant assigné, le courant d'appel magnétisant à la mise sous tension est au maximum de

$$21 \text{ A} \times 12 = 252 \text{ A}$$

pendant une durée de 0,1 s (Article 5 a) de la CEI/TR 60787:2007).

La température de l'air ambiant sur le site est de 45 °C, soit 5 °C au-dessus de la norme.

Supposons que l'utilisateur ait décidé d'utiliser un combiné interrupteur-fusibles de 12 kV d'un certain constructeur pour contrôler et protéger ce transformateur.

Le constructeur doit fournir une liste de fusibles pouvant être utilisés dans le combiné et doit indiquer lequel de ceux-ci est le plus approprié pour cette application particulière.

Cette liste de fusibles aura été établie par le constructeur de l'interrupteur à fusibles sur la base des essais de type effectués sur ce combiné interrupteur-fusibles conformément à la présente Norme et en appliquant les clauses d'extension de validité (voir 8.102).

Supposons qu'il conseille l'emploi d'un fusible 12 kV, 40 A, 16 kA (au moins) d'un type et d'un constructeur donné. Pour justifier ce choix, le constructeur de l'interrupteur à fusibles devra s'assurer que:

- 1) le fusible peut supporter les 252 A de courant d'appel magnétisant du transformateur pendant 0,1 s (Article 5 a) de la CEI/TR 60787:2007). Il devra normalement s'en assurer en examinant la caractéristique temps-courant du fusible, où le point 252 A à 0,1 s a une distance de sélectivité de 20 % par rapport à la courbe temps-courant à ce même point, et/ou en consultant le constructeur du fusible sur ce point.
- 2) le courant assigné en service continu du combiné interrupteur-fusibles équipé des fusibles choisis est compatible pour admettre les surcharges périodiques du transformateur jusqu'à 33 A dans les conditions de température de l'air ambiant de 45 °C (Article 5 b)1) de la CEI/TR 60787:2007).

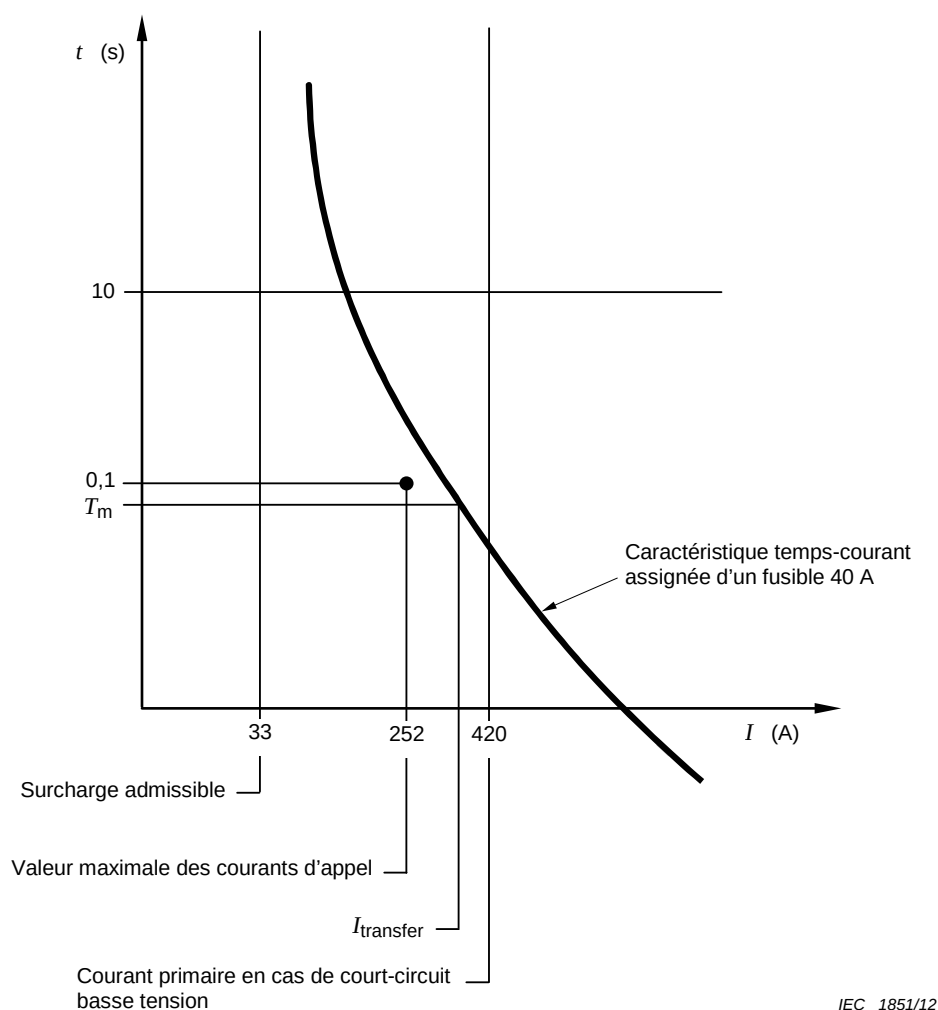
Le courant assigné en service continu du combiné équipé avec ces fusibles ne peut pas être supérieur à 40 A en particulier lorsque la température de l'air ambiant est plus élevée que la valeur normalisée; les essais d'échauffement effectués par le constructeur de

l'interrupteur à fusibles, ou les calculs déduits de ces essais, peuvent indiquer un courant assigné d'environ 35 A pour une température ambiante de 45 °C. Cette valeur convient pour cette application.

- 3) la caractéristique temps-courant du fusible indique dans la région des 10 s de durée de pré-arc un courant suffisamment faible pour assurer une protection satisfaisante du transformateur (Article 5 c) de la CEI/TR 60787:2007). Le constructeur devra normalement s'en assurer en examinant la caractéristique temps-courant du fusible et/ou en consultant le constructeur du fusible.
- 4) les fusibles éliminent seuls le courant dû à un court-circuit franc aux bornes secondaires du transformateur. C'est-à-dire que le courant de court-circuit maximal au primaire dû à ce défaut (égal dans cet exemple à:

$$\frac{400 \times 100}{11 \times \sqrt{3} \times 5} = 420 \text{ A}$$

en prenant 5 % pour l'impédance en court-circuit du transformateur) est supérieur au courant de transition (voir 3.7.109) du combiné équipé de fusibles 40 A. Il devra s'en assurer en employant la méthode décrite en 8.102.3. Si l'on se reporte à la Figure A.1, on voit que le courant de transition ainsi obtenu n'est que de 280 A, la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles étant supposée être de 0,05 s pour les besoins de cet exemple.



IEC 1851/12

Figure A.1 – Caractéristiques relatives à la protection d'un transformateur 11 kV – 400 kVA

- 5) le courant de transition du combiné équipé de fusibles 40 A est inférieur à son courant de transition assigné (voir 4.104), que l'on peut supposer être de 1 000 A pour les besoins de cet exemple.

L'utilisateur doit, quant à lui, s'assurer que la sélectivité est assurée avec le fusible basse tension de courant assigné le plus élevé, utilisé avec ce transformateur, dans le cas d'un défaut biphasé, côté basse tension.

NOTE Ce cas correspond aux conditions les plus défavorables de sélectivité.

Comme cela est expliqué à l'Article 5 d) de la CEI/TR 60787:2007, l'intersection des deux caractéristiques temps-courant des fusibles haute et basse tensions doit se produire à une valeur de courant supérieure au courant de défaut maximal du côté de la charge du fusible basse tension (voir la Figure A.2).

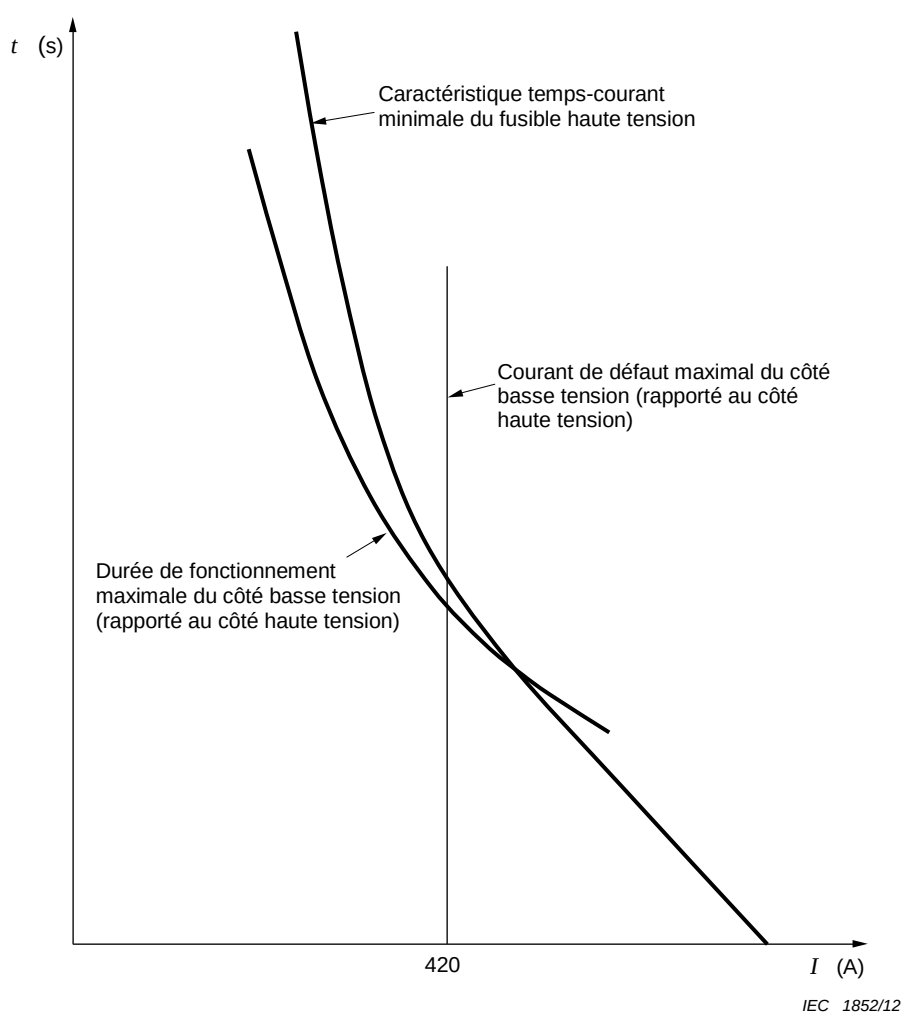


Figure A.2 – Sélectivité entre les fusibles HT et BT

Annexe B (normative)

Procédure pour la détermination du courant de transition

B.1 Rappel

Le courant de transition I_{transfer} est défini comme étant le courant pour lequel, sous l'action des percuteurs des fusibles, l'interrupteur prend la relève des fusibles pour assurer la coupure.

Cela se produit lorsque, après la fusion du premier fusible, l'interrupteur s'ouvre sous l'action des percuteurs avant ou en même temps que la fusion du second fusible due à l'inévitable différence de durée de fusion entre les fusibles.

La connaissance de cette différence, ΔT , entre les durées de fusion des fusibles permet de la comparer à la durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par les percuteurs des fusibles du combiné interrupteur-fusibles.

Les procédures suivantes comparent, de manière intentionnellement limitée, les durées de fusion virtuelles des éléments de remplacement par rapport aux durées d'ouverture réelles du combiné interrupteur-fusibles. En tenant compte des valeurs réelles des durées de fusion des fusibles, résultant des effets interdépendants des trois phases, la valeur du courant de transition peut être différente. Du fait que les calculs incluent déjà certaines marges de sécurité, ces différences peuvent ne pas être prises en considération.

Les calculs proposés dans la présente Annexe font l'hypothèse d'un réseau avec neutre non réellement mis à la terre. Une telle hypothèse conduit à considérer que le courant dans les deux phases restantes est réduit après la coupure d'un premier fusible, allongeant éventuellement la durée de fusion des fusibles restants. Dans cette hypothèse, il est à craindre que les deux phases restantes soient coupées par le combiné interrupteur-fusibles avec des conditions non clairement exprimées par la présente Norme.

Lorsqu'un réseau avec neutre réellement mis à la terre est utilisé, alors, après élimination du défaut par un premier fusible, le courant dans les deux phases restantes pourrait prendre la valeur du courant de défaut triphasé. Dans une telle condition, l'exigence exprimée en 4.104 garantit que les fusibles fondront avant que le combiné interrupteur-fusibles ne puisse être ouvert par un quelconque dispositif de déclenchement. Il n'y a aucune raison de s'inquiéter.

B.2 Détermination mathématique de ΔT

La Figure B.1 représente la partie des caractéristiques temps-courant minimale et maximale les plus probables des fusibles dans la zone du courant de transition.

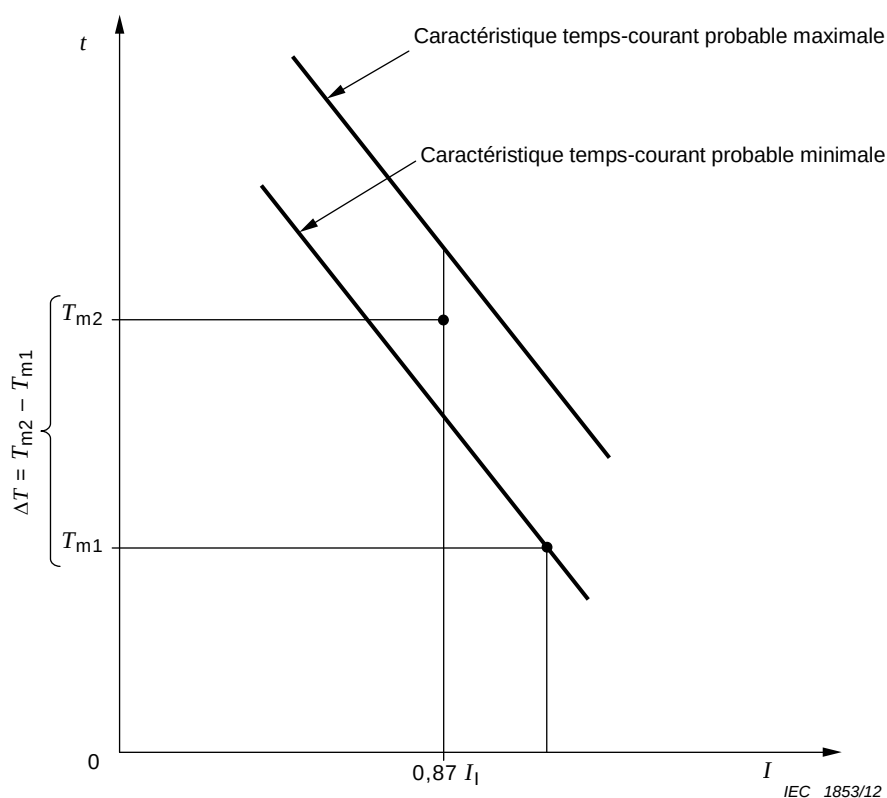


Figure B.1 – Détermination pratique du courant de transition

Le temps T_{m1} sur la caractéristique minimale correspond à la durée de fusion du premier fusible sous le courant de défaut triphasé I_1 .

Le temps T_{m2} correspond à la durée de fusion du second fusible. Il convient de remarquer que ce temps T_{m2} (voir Figure B.1) est plus petit que la durée de pré-arc indiquée sur la caractéristique maximale pour un courant biphasé de $0,87I_1$, car ce second fusible a déjà vu le courant de défaut triphasé I_1 pendant le temps T_{m1} .

En coordonnées logarithmiques, de petites parties de caractéristiques temps-courant peuvent être considérées en première approximation comme des droites, leur formule s'écrivant:

$$\log T_m = -\alpha \log I + \log C$$

définissant une relation entre I et T_m telle que:

$$I^\alpha \times T_m = C \quad (\text{B.1})$$

où α est la pente et $\log C$ est le point d'intersection avec l'axe des ordonnées de la ligne droite ainsi définie.

Affectant la formule (B.1) à la caractéristique temps-courant minimale, la formule pour la caractéristique maximale s'exprimera par:

$$I^\alpha \times T_m = C(1+x)^\alpha \quad (\text{B.2})$$

où x est la tolérance sur le courant entre les deux caractéristiques temps-courant et définies comme étant $100 \times x$ %.

Le premier fusible fond sous le courant triphasé I_1 en un temps T_{m1} selon la formule (B.1) relative à la caractéristique minimale temps-courant telle que:

$$I_1^\alpha \times T_{m1} = C \quad (B.3)$$

Le second fusible fond sous le courant de défaut biphasé $0,87I_1$, après avoir vu le courant I_1 pendant un temps T_{m1} , au bout d'un temps T_{m2} selon la formule (B.2) relative à la caractéristique maximale telle que:

$$I_1^\alpha T_{m1} + (0,87 I_1)^\alpha \times (T_{m2} - T_{m1}) = C (1+x)^\alpha \quad (B.4)$$

en combinant les formules (B.3) et (B.4), on obtient:

$$\Delta T = T_{m2} - T_{m1} = T_{m1} \left[\frac{(1+x)^\alpha - 1}{0,87^\alpha} \right] \quad (B.5)$$

Le point de transition est obtenu lorsque ΔT est égal à la durée d'ouverture T_0 de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles.

Prenant une tolérance statistique réaliste pour les caractéristiques temps-courant des fusibles de $\pm 6,5$ % ($\pm 2\sigma$ de ± 10 %), la valeur de x est 0,13, et en la remplaçant dans la formule (B.5), on obtient:

$$T_{m1} = T_0 \left[\frac{0,87^\alpha}{(1+0,13)^\alpha - 1} \right] \quad (B.6)$$

Le courant de transition I_{transfer} est alors déduit à partir de la courbe minimale de la caractéristique temps-courant du fusible.

Comme la pente de la courbe α dépend de la valeur de T_{m1} (Figure B.2), un calcul itératif doit être effectué: une première valeur de T_{m1} doit être prise, par exemple $(T_{m1})_0$ égal à $1,2T_0$, car elle est normalement proche de la valeur pratique. Ensuite, une première valeur du courant de transition $(I_{\text{transfer}})_0$ et de la pente α_0 sont déterminées à partir de la caractéristique minimale temps-courant.

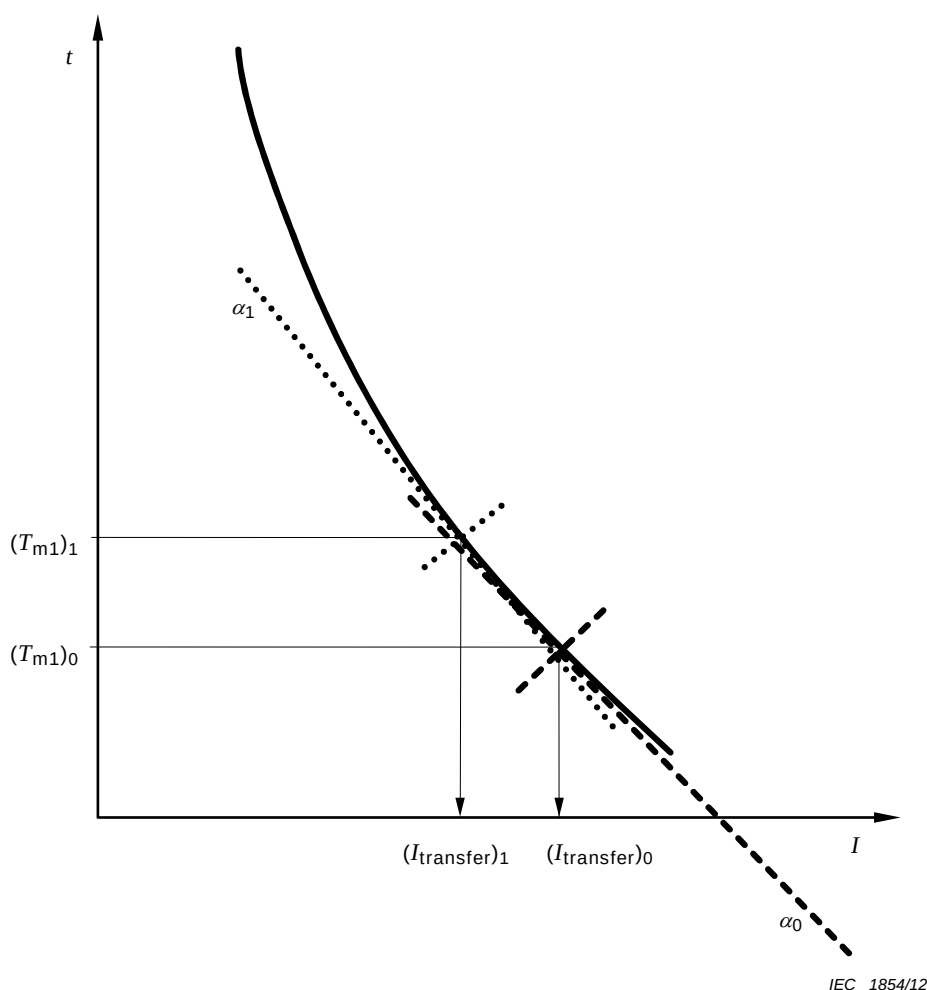


Figure B.2 – Détermination du courant de transition par la méthode itérative

Avec cette valeur α_0 , un nouveau $(T_{m1})_1$ est calculé avec la formule (B.6) et de nouvelles valeurs de $(I_{\text{transfer}})_1$ et de α_1 sont déterminées comme ci-dessus. Si cette nouvelle valeur du courant de transition ne diffère pas de la précédente de plus de 5 %, alors elle est retenue pour I_{transfer} . Sinon, le calcul doit être refait successivement jusqu'à ce que deux valeurs successives du courant de transition diffèrent de moins de 5 %.

B.3 Méthode simplifiée pour la détermination du courant de transition

Prenant $\alpha = 4$, ce qui est une valeur prudente pour une durée d'ouverture de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles comprise entre 0,05 s et 0,3 s, la formule (B.5) donne:

$$\Delta T = T_{m1} \left(\frac{(1+0,13)^4 - 1}{(0,87)^4} \right) \quad (\text{B.7})$$

Le point de transition est obtenu lorsque la durée d'ouverture T_0 de l'interrupteur provoquée par le percuteur des fusibles est égale à ΔT :

$$T_0 = \Delta T = 1,1 \times T_{m1}$$

ou

$$T_{m1} = 0,9 T_0$$

Ainsi, le courant de transition peut être défini comme étant le courant correspondant à un temps de pré-arc de $0,9 T_0$ sur la caractéristique minimale temps-courant du fusible.

Cette procédure simplifiée est basée sur une pente de la caractéristique du fusible $\alpha = 4$. La pente des caractéristiques des fusibles existant réellement peut s'écarter de 4, ce qui peut conduire à différents courants de transition et donc, à différents courants assignés du fusible. En cas de doute, appliquer la méthode itérative (B.2) ou bien, consulter le constructeur de l'interrupteur à fusibles.

Annexe C (normative)

Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type

Tableau C.1 – Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type

Paragraphe	Désignation de l'essai	Grandeur d'essai	Valeur d'essai spécifiée	Tolérance d'essai	Référence à
6.101	Essais d'établissement et de coupure				
6.101.2.2	Fréquence d'essai	Fréquence d'essai	Fréquence assignée	± 8 %	
6.101.2.5	Tension d'essai pour les essais de coupure	Tension de rétablissement à fréquence industrielle	Tension assignée	± 5 %	
		Tension de rétablissement à fréquence industrielle d'une phase quelconque/valeur moyenne	1	± 20 %	Figure 4
6.101.2.7	Tension appliquée avant les essais sur court-circuit	Tension appliquée	Tension assignée	+10 % -0 %	
		Tension appliquée d'une phase quelconque/valeur moyenne	1	± 5 %	
6.101.2.8	Courant coupé	Composante alternative du courant d'essai pour TD_{ISC} , TD_{IWmax} et TD_{Ito} dans une phase quelconque/moyenne	1	± 10 %	
		Composante alternative du courant d'essai pour $TD_{Itransfer}$ dans deux phases équipées de connexions rigides/phase avec fusibles	1	≥ $\sqrt{3}/2$	
6.101.3.1	Courant de court-circuit	Courant présumé	Valeur assignée	+5 % -0 %	
		Facteur de puissance		0,07 à 0,15	
		TTR du circuit d'alimentation	Voir la CEI 60282-1	+10 % -0 %	
6.101.3.2	Courant avec I^2t max. du fusible	Courant présumé	Valeur spécifiée	± 10 %	
		Facteur de puissance		0,07 à 0,15	
		TTR du circuit d'alimentation	Voir la CEI 60282-1 série d'essais 2	+10 % -0 %	
6.101.3.3 et 6.101.3.4	Courant de transition et courant d'intersection	Courant présumé	Valeur assignée	+10 % -0 %	
		Facteur de puissance du circuit de charge	$I_{transfer} > 400 \text{ A}$	0,2 à 0,3	
			$I_{transfer} \leq 400 \text{ A}$	0,3 à 0,4	
		Facteur de puissance du circuit d'alimentation		< 0,2	
		TTR du circuit d'alimentation	Voir la CEI 60282-1 série d'essais 1	+10 % -0 %	
		TTR du circuit de charge	Tableaux 2 et 3	+10 % -0 %	
		Impédance du circuit d'alimentation/impédance totale	0,15	± 0,03	

Bibliographie

CEI 62271-107, *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*

CEI 62271-202, *Appareillage à haute tension – Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension*

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
www.iec.ch