

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 103: Alternating current switches for rated voltages above 1 kV up to and
including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 103: Interrupteurs à courant alternatif pour tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-voltage switchgear and controlgear –
Part 103: Alternating current switches for rated voltages above 1 kV up to and
including 52 kV**

**Appareillage à haute tension –
Partie 103: Interrupteurs à courant alternatif pour tensions assignées
supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10

ISBN 978-2-8322-9770-4

**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	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
3.1 General terms and definitions	11
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	11
3.3 Parts of assemblies	11
3.4 Switching devices	12
3.5 Parts of switchgear and controlgear	12
3.6 Operational characteristics of switchgear and controlgear	13
3.7 Characteristic quantities	13
3.8 Index of definitions	17
4 Normal and special service conditions	18
5 Ratings	18
5.1 General	18
5.2 Rated voltage (U_r)	18
5.3 Rated insulation level (U_d , U_p , U_s)	18
5.4 Rated frequency (f_r)	18
5.5 Rated continuous current (I_r)	18
5.6 Rated short-time withstand current (I_k)	19
5.7 Rated peak withstand current (I_p)	19
5.8 Rated duration of short-circuit (t_k)	19
5.9 Rated supply voltage of auxiliary circuits and control circuits (U_a)	19
5.10 Rated supply frequency of auxiliary and control circuits	19
5.11 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	19
5.101 Rated mainly active load-breaking current (I_{load})	19
5.102 Rated closed-loop breaking current (I_{loop})	19
5.103 Rated parallel power transformer breaking current for special purpose switches (I_{pptr})	19
5.104 Rated cable-charging breaking current (I_{cc})	19
5.105 Rated line-charging breaking current (I_{lc})	19
5.106 Rated single capacitor bank breaking current for special purpose switches (I_{sb})	20
5.107 Rated back-to-back capacitor bank breaking current for special purpose switches (I_{bb})	20
5.108 Rated back-to-back capacitor bank inrush making current for special purpose switches (I_{in})	20
5.109 Rated earth fault breaking current (I_{ef1})	20
5.110 Rated cable- and line-charging breaking current under earth fault conditions (I_{ef2})	20
5.111 Rated motor breaking current for special purpose switches (I_{mot})	20
5.112 Rated short-circuit making current (I_{ma})	21
5.113 Types of switches and their associated ratings	21

5.113.1	Types of switches	21
5.113.2	Rated making and breaking currents for general purpose switches	21
5.113.3	Rated making and breaking currents for limited purpose switches	22
5.113.4	Rated making and breaking currents for special purpose switches	22
5.113.5	Ratings for switches backed by fuses	22
5.114	Mechanical endurance class of switches	23
5.114.1	Class M1 switch	23
5.114.2	Class M2 switch	23
5.115	Electrical endurance class of general purpose switches	23
5.115.1	Class E1 general purpose switch	23
5.115.2	Class E2 general purpose switch	23
5.115.3	Class E3 general purpose switch	23
5.116	Capacitive breaking capability class of switches	23
5.116.1	General	23
5.116.2	Class C1 switch	23
5.116.3	Class C2 switch	24
6	Design and construction	24
6.1	Requirements for liquids in switchgear and controlgear	24
6.2	Requirements for gases in switchgear and controlgear	24
6.3	Earthing of switchgear and controlgear	24
6.4	Auxiliary and control equipment and circuits	24
6.5	Dependent power operation	24
6.6	Stored energy operation	24
6.7	Independent unlatched operation (independent manual or power operation)	24
6.8	Manually operated actuators	24
6.9	Operation of releases	24
6.10	Pressure/level indication	24
6.11	Nameplates	25
6.11.1	General	25
6.11.2	Application	25
6.12	Locking devices	27
6.13	Position indication	27
6.14	Degrees of protection provided by enclosures	27
6.15	Creepage distances for outdoor insulators	27
6.16	Gas and vacuum tightness	27
6.17	Tightness for liquid systems	27
6.18	Fire hazard (flammability)	27
6.19	Electromagnetic compatibility (EMC)	28
6.20	X-ray emission	28
6.21	Corrosion	28
6.22	Filling levels for insulation, switching and/or operation	28
6.101	Making and breaking operations	28
6.102	Requirements for switch-disconnectors	28
6.103	Mechanical strength	28
6.104	Securing the position	28
6.105	Indication and signalling of position	28
6.105.1	General requirements	28
6.105.2	Indication of position	29
6.105.3	Signalling of position by auxiliary contacts	30

6.106	No-load transformer breaking.....	30
7	Type tests	30
7.1	General.....	30
7.1.1	Basics	30
7.1.2	Information for identification of test objects.....	31
7.1.3	Information to be included in the type-test reports	31
7.2	Dielectric tests	31
7.2.9	Artificial pollution tests for outdoor insulators.....	31
7.2.10	Partial discharge tests	31
7.3	Radio interference voltage (RIV) test	31
7.4	Resistance measurement.....	32
7.5	Continuous current tests	32
7.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	32
7.6.1	General	32
7.6.2	Arrangement of the equipment and of the test circuit	32
7.6.3	Test current and duration.....	32
7.6.4	Conditions of the test object after test.....	32
7.7	Verification of the protection	32
7.8	Tightness tests	32
7.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	32
7.10	Additional tests on auxiliary and control circuits.....	32
7.10.1	General	32
7.10.2	Functional tests	32
7.10.3	Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts	33
7.10.4	Environmental tests	33
7.10.5	Dielectric test	33
7.11	X-radiation test for vacuum interrupters	33
7.101	Making and breaking tests	33
7.101.1	Test duties for general purpose switches	33
7.101.2	Test duties for limited purpose switches	36
7.101.3	Test duties for special purpose switches.....	36
7.101.4	Arrangement of the switch for tests.....	37
7.101.5	Earthing of test circuit and switch	38
7.101.6	Test parameters	38
7.101.7	Test circuits.....	41
7.101.8	Behaviour of switch during breaking tests.....	56
7.101.9	Condition of switch after breaking tests and short-circuit making tests.....	57
7.101.10	Type-test reports	57
7.102	Mechanical and environmental tests	59
7.102.1	Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests	59
7.102.2	Mechanical operation test at ambient air temperature	60
7.102.3	Low and high temperature tests.....	61
7.102.4	Humidity test on auxiliary and control circuits	65
7.102.5	Operation under severe ice conditions	67
7.102.6	Tests to verify the proper functioning of the position-indicating device	67
7.103	Common checks after tests.....	68
7.103.1	Checking the capability of the switch to carry its rated continuous current.....	68

7.103.2	Checking the integrity of vacuum in case of a switch using a vacuum interrupter.....	69
8	Routine tests	70
8.101	General.....	70
8.102	Mechanical operating tests	70
9	Guide to the selection of switchgear and controlgear (informative)	70
9.101	General.....	70
9.102	Conditions affecting application	70
9.103	Insulation coordination.....	71
9.104	Selection of class of switch	71
9.104.1	General purpose switch	71
9.104.2	Limited purpose switch	71
9.104.3	Special purpose switch	71
9.105	Tests for special applications	71
10	Information to be given with inquiries, tenders and orders (informative).....	71
10.1	General.....	71
10.2	Information with inquiries and orders.....	72
10.3	Information with tenders.....	72
11	Transport, storage, installation, operating instructions and maintenance.....	73
12	Safety	73
13	Influence of the product on the environment	73
Annex A (normative)	Tolerances on test quantities for type tests	74
Annex B (informative)	Explanation of the determination for the value of I_{ef1} and I_{ef2}	76
B.1	Usage of rating I_{ef1} and I_{ef2}	76
B.1.1	General	76
B.1.2	Isolated neutral system.....	76
B.1.3	High impedance earthed neutral systems	78
B.1.4	Resonant earthed neutral systems (Petersen coil)	79
B.1.5	Synthesis.....	80
B.2	Calculation of I_{ef1} and I_{ef2}	81
B.2.1	General	81
B.2.2	Calculation of I_{ef1}	84
B.2.3	Calculation of I_{ef2}	84
Annex C (informative)	List of notes concerning certain countries	86
Bibliography		87
Figure 1	– Position-indicating/signalling device(s).....	29
Figure 2	– Three-phase test circuit for mainly active load current switching for test duty TD_{load}	42
Figure 3	– Single-phase test circuit for mainly active load current switching for test duty TD_{load}	43
Figure 4	– Three-phase test circuit for distribution line closed-loop and parallel transformer current switching test for test duties TD_{loop} and TD_{pptr}	45

Figure 5 – Single-phase test circuit for distribution line closed-loop and parallel transformer current switching test, for test duties TD_{loop} and TD_{pptr}	45
Figure 6 – General test circuit for three- and single-phase capacitive switching tests.....	51
Figure 7 – Prospective recovery voltage and related specified parameter values for capacitive current breaking tests.....	53
Figure 8 – Three-phase test circuit for earth fault breaking current tests, for test duty TD_{ef1}	54
Figure 9 – Three-phase test circuit for cable-charging breaking current tests under earth fault conditions, for test duty TD_{ef2}	55
Figure 10 – Three-phase test circuit for short-circuit making current test for test duty TD_{ma}	55
Figure 11 – Single-phase test circuit for short-circuit making current test for test duty TD_{ma}	56
Figure 12 – Test sequences for low and high temperature tests	62
Figure 13 – Humidity test	66
Figure B.1 – Earth fault in isolated neutral system	76
Figure B.2 – Capacitive current in non-faulty phases of isolated neutral system.....	78
Figure B.3 – Earth fault in high impedance earthed neutral system	79
Figure B.4 – Earth fault in resonant or compensate earthed neutral system	80
Figure B.5 – Example of sequence to find and isolate a faulty branch in an overhead network.....	82
Figure B.6 – Example of sequence to find and isolate a faulty branch in a cable network.....	83
Table 1 – Preferred values of rated line- and cable-charging breaking currents for general purpose switches	22
Table 2 – Nameplate information.....	25
Table 3 – Test duties for general purpose switches – Test duties for three-phase tests on three-pole operated, general purpose switches	34
Table 4 – Test duties for general purpose switches – Single-phase tests on three-pole general purpose switches operated pole-after-pole and single-pole general purpose switches applied on three-phase systems	34
Table 5 – Test duties for special purpose switches – Three-phase tests on three-pole operated switches.....	36
Table 6 – Test duties for special purpose switches – Single-phase tests on three-pole switches operated pole-after-pole and single-pole switches applied on three-phase systems	37
Table 7 – Summary of the conditions for combining tests and alternative procedures	39
Table 8 – Supply circuit TRV parameters for mainly active load current breaking tests ^a	43
Table 9 – TRV parameters for distribution line closed loop breaking tests.....	46
Table 10 – TRV parameters for parallel power transformer breaking current tests.....	47
Table 11 – Prospective recovery voltage parameter limits for capacitive current breaking tests	53
Table A.1 – Tolerances on test quantities for type tests	74
Table B.1 – Need of ratings I_{ef1} and I_{ef2} in non-effectively earthed neutral systems	80
Table B.2 – Values relating to the examples in Figure B.5 and Figure B.6 for capacitance and capacitive current for cables and overhead lines [6], [10], [11].....	85

Table B.3 – Values for I_{ef2}	85
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 103: Alternating current switches 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.

IEC 62271-103 has been prepared by subcommittee 17A: Switching devices, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2011. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) this document has been aligned with IEC 62271-1:2017 and IEC 62271-102:2018;
- b) clarifications regarding the behaviour of the switch during breaking tests regarding current interruption and restrikes have been added;
- c) conditions of the switch after making and breaking tests have been clarified;
- d) a new informative Annex B intended to provide guidance for the calculation of I_{ef1} and I_{ef2} has been added;

- e) new rules for the combination of 50 Hz and 60 Hz switching tests have been defined and a new table (Table 7) has been added;
- f) tests with specified TRV have been modified to be in accordance with the practice described in IEC 62271-100;
- g) the behaviour of the switch during breaking tests has been clarified and boundaries for restrike allowance have been defined;
- h) explanations for short-circuit making tests have been added;
- i) vacuum integrity check after mechanical operations has been defined;
- j) all test voltages for single-phase capacitive testing have been grouped under 7.101.7.3.2 and have been confirmed by simulation and calculation.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
17A/1297/FDIS	17A/1303/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

This document is to be read in conjunction with IEC 62271-1:2017, to which it refers and which is applicable unless otherwise specified. In order to simplify the indication of corresponding requirements, the same numbering of clauses and subclauses is used as in IEC 62271-1:2017. 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 reader's attention is drawn to the fact that Annex C lists all of the "in-some-country" clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this document.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 103: Alternating current switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV

1 Scope

This part of IEC 62271 is applicable to three-phase, alternating current switches and switch-disconnectors for their switching function, having making and breaking current ratings, for indoor and outdoor installations, for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV and for rated frequencies from 16 2/3 Hz up to and including 60 Hz. This document is also applicable to single-pole switches used on three-phase systems.

This document is also applicable to the operating devices of these switches and to their auxiliary equipment.

For switch-disconnectors, refer also to IEC 62271-102 for their disconnecting function.

Devices not covered by this document are:

- devices that require a dependent manual operation;
- earthing switches. Earthing switches forming an integral part of a switch are covered by IEC 62271-102;
- switching devices attached as an element of a high-voltage fuse assembly or its mounting and operated by opening and closing the fuse assembly.

General principles and provisions of this document can also be applicable to single pole switches intended for application in single-phase systems, the requirements for dielectric tests and making and breaking tests being in accordance with the requirements of the specific application.

This document establishes requirements for general, limited and special purpose switches used in distribution systems.

NOTE Except where special clarification is required, the term "switch" is used to refer to all kinds of switches and switch-disconnectors within the scope of this document.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-441, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD1:2013

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-102:2018, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC 62271-110:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 110: Inductive load switching*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-441 and IEC 62271-1 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

NOTE Terms and definitions are classified in accordance with IEC 62271-1:2017.

3.1 General terms and definitions

Subclause 3.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

3.1.101

effectively earthed neutral system

system earthed through a sufficiently low impedance such that for all system conditions the ratio of the zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance (X_0/X_1) is positive and less than 3, and the ratio of the zero-sequence resistance to the positive-sequence reactance (R_0/X_1) is positive and less than 1

Note 1 to entry: Normally such systems are solidly earthed (neutral) systems or low impedance earthed (neutral) systems.

Note 2 to entry: The earthing conditions depend not only on the physical earthing conditions around the relevant location but also on the total system.

3.1.102

non-effectively earthed neutral system

system other than effectively earthed neutral system, not meeting the conditions given in 3.1.101

Note 1 to entry: Normally such systems are isolated neutral systems, high impedance earthed (neutral) systems or resonant earthed (neutral) systems

Note 2 to entry: The earthing conditions depend not only on the physical earthing conditions around the relevant location but also on the total system.

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear

Subclause 3.2 of IEC 62271-1:2017 applies.

3.3 Parts of assemblies

Subclause 3.3 of IEC 62271-1:2017 applies.

3.4 Switching devices

Subclause 3.4 of IEC 62271-1:2017 applies with the following additions:

3.4.101 switch

mechanical switching device capable of making, carrying and breaking currents under normal circuit conditions, which may include specified operating overload conditions and also carrying for a specified time currents under specified abnormal circuit conditions, such as those of a short-circuit

Note 1 to entry: Some switches can be capable of making short-circuit currents.

Note 2 to entry: A switch is not capable of breaking short-circuit currents.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-10, modified – In the term, "(mechanical)" has been deleted and the Note has been replaced with two Notes to entry.]

3.4.102 switch-disconnector

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-12]

3.4.103 general purpose switch

switch capable of performing, with currents up to its rated breaking currents, all making and breaking operations which may normally occur in distribution systems, regardless of whether it is an effectively earthed neutral system or non-effectively earthed neutral system, and able to carry and make short-circuit currents

3.4.104 limited purpose switch

switch which has a rated continuous current, a rated short-time withstand current, and one or more but not all switching capabilities of a general purpose switch

3.4.105 special purpose switch

general purpose switch or limited purpose switch suitable for one or more of the following applications:

- switching single capacitor banks;
- switching back-to-back capacitor banks;
- switching of motors under steady-state and stalled conditions;
- switching of closed-loop circuits consisting of large power transformers in parallel

Note 1 to entry: Large power transformers are different from distribution transformers (typically power higher than 2 500 KVA).

3.5 Parts of switchgear and controlgear

Subclause 3.5 of IEC 62271-1:2017 applies with the following addition:

3.5.101 main contact zone

area of the contact intended to carry its rated continuous current

3.6 Operational characteristics of switchgear and controlgear

Subclause 3.6 of IEC 62271-1:2017 applies with the following additions:

3.6.101

operating cycle

<of a mechanical switching device> succession of operations from one position to another and back to the first position through all other positions, if any

Note 1 to entry: This may be a closing operation followed by an opening operation or vice versa.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02, modified – The note to entry has been added.]

3.6.102

electrical endurance of a general purpose switch

capability of a general purpose switch to perform a defined number of making and breaking operations for a defined voltage and current under specified operation conditions

3.6.103

mechanical endurance of a switch

capability of a switch to perform a defined number of close-open operations without voltage on or current through under specified operation conditions

3.7 Characteristic quantities

Subclause 3.7 of IEC 62271-1:2017 applies with the following additions:

3.7.101

breaking capacity

<of a switching device> current that a switching device is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

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

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

Note 3 to entry: Any breaking capacity implies also the making capacity of the corresponding circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-08, modified – The domain has been limited to switching devices, "a value of prospective" and "or a fuse" have been deleted, Note 3 to entry has been added.]

3.7.102

mainly active load-breaking capacity

breaking capacity when opening a mainly active load circuit in which the load can be represented by resistors and reactors in parallel

3.7.103

no-load transformer breaking capacity

breaking capacity when opening a transformer circuit under no-load conditions

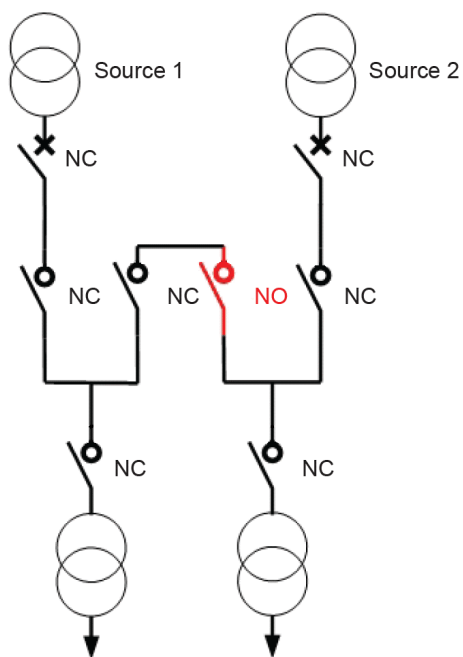
Note 1 to entry: Because of the variety of transformers and associated circuits, it is not possible to define a rating for this breaking capacity. However, all switches capable of switching an active load are capable of breaking no-load transformer breaking currents.

3.7.104

closed-loop breaking capacity

breaking capacity when opening a closed-loop distribution line circuit, or a power transformer in parallel with one or more power transformers, i.e. a circuit in which both sides of the switch remain energized after breaking

EXAMPLE 1 The switch NO can be operated to close the loop and avoid loss of service for the downstream users. Then another switch in the loop that has a closed-loop breaking capacity is opened.



NC: Switch or circuit-breaker normally closed

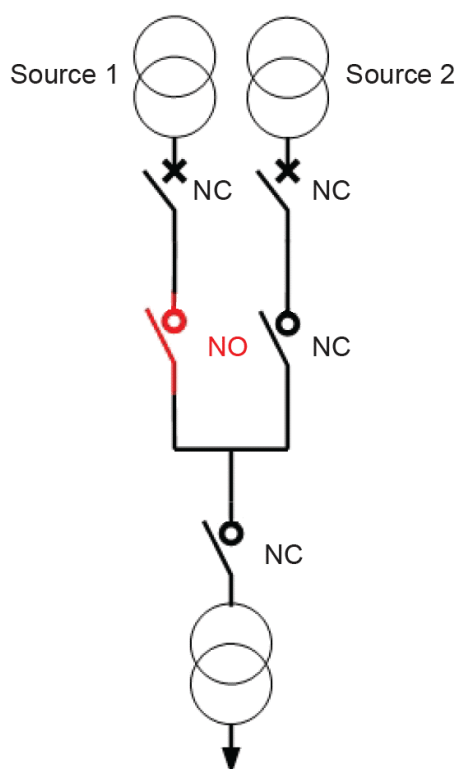
NO: Switch normally open

The switch NO can be closed to avoid loss of service for the downstream users. Another switch NC located in the same loop can be open for example for maintenance of a branch of the loop.

It may happen that both switches and transformers are not located in the same area.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

EXAMPLE 2 The switch NO can be operated to switch circuits of large power transformers in parallel.



NC: Switch or circuit-breaker normally closed

NO: Switch normally open

The switch NO can be closed to avoid loss of service of the downstream users. The switch NC located in the other branch can be open for example for maintenance.

Generally, both switches and transformers are in close location.

3.7.105

cable-charging breaking capacity

breaking capacity when opening a cable circuit under no-load conditions

3.7.106

line-charging breaking capacity

breaking capacity when opening an overhead line circuit under no-load conditions

3.7.107

single capacitor bank breaking capacity

breaking capacity when opening a single capacitor bank circuit connected to a supply where there are no other capacitors connected in parallel to the system sufficiently close to increase the inrush current significantly

3.7.108

back-to-back capacitor bank breaking capacity

breaking capacity when opening a capacitor bank circuit connected to a supply where there are other capacitors connected in parallel to the system sufficiently close to increase the inrush current significantly

3.7.109

back-to-back capacitor bank inrush making current

high-frequency and high-magnitude current occurring when closing a capacitor bank circuit onto a supply including one or more capacitor banks adjacent to the bank being switched

3.7.110

motor breaking capacity

breaking capacity when opening a motor circuit under steady-state and stalled conditions

3.7.111

earth fault breaking capacity

breaking capacity in the faulty phase of a non-effectively earthed neutral system when clearing an earth fault on an unloaded cable or overhead line on the load side of the switch

3.7.112

cable- and line-charging breaking capacity under earth fault conditions

breaking capacity in the sound phases of a non-effectively earthed neutral system when switching off an unloaded cable or overhead line, with an earth fault on the supply side of the switch

3.7.113

breaking current

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-07]

3.7.114

making current

peak value of the first major loop of the current in a pole of a switch during the transient period following the initiation of current during a making operation

Note 1 to entry: The peak value may differ from one pole to another and from one operation to another as it depends on the instant of current initiation relative to the wave of the applied voltage.

Note 2 to entry: Where, for a three-phase circuit, a single value of making current is referred to, it is, unless otherwise stated, the highest value in any phase.

3.7.115

short-circuit making capacity

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-10]

3.7.116

capacitive breaking capability of a switch

capability of a switch to perform capacitive current breaking for defined voltage and current under specified operation conditions and restrike performance

3.7.117

re-ignition

<of an AC mechanical switching device> resumption of current between the contacts of a mechanical switching device during a breaking operation with an interval of zero current of less than a quarter cycle of power frequency

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-45]

3.7.118

restrike

<of an AC mechanical switching device> resumption of power frequency current, or in the case of capacitive current interruption a resumption of current in the main load circuit, between the contacts of a mechanical switching device during a breaking operation with an interval of zero current of a quarter cycle of power frequency or longer

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-46, modified – "power frequency" and "or in the case of capacitive current interruption a resumption of current in the main load circuit" have been added.]

3.8 Index of definitions

B	
Back-to-back capacitor bank breaking capacity	3.7.108
Back-to-back capacitor bank inrush making current	3.7.109
Breaking capacity	3.7.101
Breaking current	3.7.113
C	
Cable- and line-charging breaking capacity under earth fault conditions	3.7.112
Cable-charging breaking capacity	3.7.105
Capacitive breaking capability of a switch	3.7.116
Closed-loop breaking capacity	3.7.104
E	
Earth fault breaking capacity	3.7.111
Effectively earthed neutral system	3.1.101
Electrical endurance of a general purpose switch	3.6.102
G	
General purpose switch	3.4.103
L	
Limited purpose switch	3.4.104
Line-charging breaking capacity	3.7.106
M	
Main contact zone	3.5.101
Mainly active load-breaking capacity	3.7.102
Making current	3.7.114
Mechanical endurance of a switch	3.6.103
Motor breaking capacity	3.7.110
N	
No-load transformer breaking capacity	3.7.103
Non-effectively earthed neutral system	3.1.102
O	
Operating cycle (of a mechanical switching device)	3.6.101
R	
Re-ignition (of an AC mechanical switching device)	3.7.117
Restrike (of an AC mechanical switching device)	3.7.118
S	
Short-circuit making capacity	3.7.115
Single capacitor bank breaking capacity	3.7.107
Special purpose switch	3.4.105
Switch	3.4.101
Switch-disconnector	3.4.102

4 Normal and special service conditions

Clause 4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5 Ratings

5.1 General

Subclause 5.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additional ratings and classes:

- k) rated mainly active load-breaking current (I_{load});
- l) rated closed-loop breaking current (I_{loop});
- m) rated parallel power transformer breaking current (I_{pptr});
- n) rated cable-charging breaking current (I_{cc});
- o) rated line-charging breaking current (I_{lc});
- p) rated single capacitor bank breaking current (I_{sb});
- q) rated back-to-back capacitor bank breaking current (I_{bb});
- r) rated back-to-back capacitor bank inrush making current (I_{in});
- s) rated earth fault breaking current (I_{ef1});
- t) rated cable- and line-charging breaking current under earth fault conditions (I_{ef2});
- u) rated motor breaking current (I_{mot});
- v) rated short-circuit making current (I_{ma});
- w) mechanical endurance class of switches (M1 or M2);
- x) electrical endurance class of general purpose switches (E1, E2 or E3);
- y) capacitive breaking capability class of switches (C1 or C2).

The conditions for applicability of these additional ratings are given in 5.113, depending on the type of switch (see 5.113.1) and/or application.

The conditions for applicability of classes indicated above are given in 5.114, 5.115 and 5.116.

5.2 Rated voltage (U_r)

Subclause 5.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.3 Rated insulation level (U_d , U_p , U_s)

Subclause 5.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.4 Rated frequency (f_r)

Subclause 5.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.5 Rated continuous current (I_r)

Subclause 5.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.6 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.7 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.8 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.9 Rated supply voltage of auxiliary circuits and control circuits (U_a)

Subclause 5.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.10 Rated supply frequency of auxiliary and control circuits

Subclause 5.10 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

5.11 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems

Subclause 5.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

This rating applies only to power sources of operating devices.

NOTE Controlled pressure systems for insulation or switching are no longer manufactured for a level up to 52 kV. Therefore, only gas supply for operating devices is considered.

5.101 Rated mainly active load-breaking current (I_{load})

The rated mainly active load-breaking current is the maximum mainly active load current that the switch shall be capable of breaking at its rated voltage. Its value shall be equal to the rated continuous current if no other value is indicated on the nameplate.

5.102 Rated closed-loop breaking current (I_{loop})

The rated closed-loop breaking current is the maximum closed-loop current the switch shall be capable of breaking.

5.103 Rated parallel power transformer breaking current for special purpose switches (I_{pptr})

The rated parallel power transformer breaking current is the maximum closed-loop parallel power transformer current that a special purpose switch shall be capable of breaking.

5.104 Rated cable-charging breaking current (I_{cc})

The rated cable-charging breaking current is the maximum cable-charging current that the switch shall be capable of breaking at its rated voltage.

5.105 Rated line-charging breaking current (I_{lc})

The rated line-charging breaking current is the maximum line-charging current that the switch shall be capable of breaking at its rated voltage.

5.106 Rated single capacitor bank breaking current for special purpose switches (I_{sb})

The rated single capacitor bank breaking current is the maximum capacitor bank current that a special purpose switch shall be capable of breaking at its rated voltage with no capacitor bank connected to the supply side of the switch adjacent to the bank being switched.

5.107 Rated back-to-back capacitor bank breaking current for special purpose switches (I_{bb})

The rated back-to-back capacitor bank breaking current is the maximum capacitor bank current that a special purpose switch shall be capable of breaking at its rated voltage with one or more capacitor banks connected on the supply side of the switch adjacent to the bank being switched.

The preferred rated back-to-back capacitor bank breaking current is 400 A.

5.108 Rated back-to-back capacitor bank inrush making current for special purpose switches (I_{in})

The rated back-to-back capacitor bank inrush making current is the peak value of the current that a special purpose switch shall be capable of making at its rated voltage and with a frequency of the inrush current appropriate to the service conditions.

The assignment of a rated back-to-back capacitor bank inrush making current is mandatory for switches that have a rated back-to-back capacitor bank breaking current.

The preferred rated back-to-back capacitor bank inrush making current is 20 kA peak, with a frequency of the inrush current of 4 250 Hz.

NOTE The frequency and magnitude of the inrush current are dependent upon the size and configuration of the capacitor bank being switched, the capacitor bank already connected to the supply side of the switch and the inclusion of limiting impedances, if any.

5.109 Rated earth fault breaking current (I_{ef1})

The rated earth fault breaking current is the maximum capacitive earth fault current in the faulted phase that the switch shall be capable of breaking at its rated voltage, when used on a non-effectively earthed neutral system.

NOTE The maximum value of capacitive earth fault current occurring in an isolated neutral earthing system can reach up to three times the cable- and line-charging current of the network. Further guidance is given in Annex B.

5.110 Rated cable- and line-charging breaking current under earth fault conditions (I_{ef2})

The rated cable- and line-charging breaking current under earth fault conditions is the maximum capacitive current in the non-faulty phases that the switch shall be capable of breaking at its rated voltage, when used on a non-effectively earthed neutral system.

NOTE The maximum value of capacitive current on non-faulty phases under earth fault conditions occurring in an isolated neutral earthing system can reach up to $\sqrt{3}$ times the cable- and line-charging current of the network. Further guidance is given in Annex B.

5.111 Rated motor breaking current for special purpose switches (I_{mot})

The rated motor breaking current is the maximum steady-state current of a motor that a special purpose switch shall be capable of breaking at its rated voltage. Refer to IEC 62271-110:2017.

NOTE Typically the breaking current for the condition of a stalled motor is in the order of eight times the rated continuous current of the motor.

5.112 Rated short-circuit making current (I_{ma})

The rated short-circuit making current is the maximum peak current that the switch shall be capable of making at its rated voltage.

5.113 Types of switches and their associated ratings

5.113.1 Types of switches

Every switch complying with this document shall be designated by type as general purpose, limited purpose, or special purpose.

5.113.2 Rated making and breaking currents for general purpose switches

A general purpose switch shall have specific ratings for each switching duty as follows:

- rated mainly active load-breaking current equal to or higher than the rated continuous current;
- rated closed-loop breaking current equal to or higher than the rated continuous current;
- rated cable-charging breaking current (which should be selected from Table 1);
- rated line-charging breaking current (which should be selected from Table 1);
- rated short-circuit making current equal to the rated peak withstand current;
- rated earth fault breaking current;
- rated cable- and line-charging breaking current under earth fault conditions.

The rated values should be selected from the R10 series specified in IEC 60059 [1]¹.

NOTE The R10 series comprises the number 1 – 1,25 – 1,6 – 2 – 2,5 – 3,15 – 4 – 5 – 6,3 – 8 and their products of 10ⁿ.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

Table 1 – Preferred values of rated line- and cable-charging breaking currents for general purpose switches

Rated voltage U_r kV	Rated cable-charging I_{cc} A	Rated line-charging I_{lc} A
3,6	4	0,3
4,76 ^a	4	0,3
7,2	6	0,5
8,25 ^a	6	0,5
12	10	1
15 ^a	10	1
15,5 ^a	10	1
17,5	10	1
24	16	1,5
25,8 ^a	16	1,5
27 ^a	16	1,5
36	20	2
38 ^a	20	2
40,5	20	2
48,3 ^a	24	2,5
52	24	2,5
^a Based on current practice in some countries, including the USA.		

5.113.3 Rated making and breaking currents for limited purpose switches

A limited purpose switch shall have one or more, but not all, switching capabilities of a general purpose switch (see 5.113.2).

5.113.4 Rated making and breaking currents for special purpose switches

A special purpose switch may have one or more of the switching capabilities of a general purpose switch (see 5.113.2) and shall have switching capabilities appropriate for the specific special service application for which the switch is designed. One or more of the following ratings shall be assigned:

- rated parallel power transformer breaking current;
- rated single capacitor bank breaking current;
- rated back-to-back capacitor bank inrush making current;
- rated motor breaking current.

The rated values should be selected from the R10 series specified in IEC 60059 [1].

5.113.5 Ratings for switches backed by fuses

General purpose, limited purpose and special purpose switches may be backed by fuses.

If this is the case, short-circuit ratings, short-time withstand currents, and making currents of switches may be selected by consideration of the limiting effect on the duration and value of the short-circuit current by fuses. IEC 62271-105 [2] may be used for this purpose.

5.114 Mechanical endurance class of switches

5.114.1 Class M1 switch

Switch having a mechanical endurance of 1 000 close-open operations and tested in accordance with 7.102.2.1.

5.114.2 Class M2 switch

Switch having a mechanical endurance of 5 000 close-open operations and tested in accordance with 7.102.2.2.

5.115 Electrical endurance class of general purpose switches

5.115.1 Class E1 general purpose switch

General purpose switch capable of performing a basic electrical endurance of load-breaking currents and short-circuit makings. The level of performance required is given in the corresponding columns of Table 3 and Table 4, and the tests to demonstrate the performance are described in 7.101.1.2 and 7.101.1.3.

NOTE This class is typically adequate for applications where infrequent switching operations are performed or where appropriate inspection and replacement of switching parts is permissible.

5.115.2 Class E2 general purpose switch

General purpose switch capable of performing a medium electrical endurance of load-breaking currents and short-circuit makings. The level of performance required is given in the corresponding columns of Table 3 and Table 4, and the tests to demonstrate the performance are described in 7.101.1.2 and 7.101.1.3.

NOTE This class is typically adequate for applications where infrequent switching operations are performed but where inspection and replacement of switching parts is not permissible or possible.

5.115.3 Class E3 general purpose switch

General purpose switch capable of performing a high electrical endurance of load-breaking currents and short-circuit makings. The level of performance required is given in the corresponding columns of Table 3 and Table 4, and the tests to demonstrate the performance are described in 7.101.1.2 and 7.101.1.3.

NOTE This class is typically adequate for applications where frequent switching operations are performed and inspection and replacement of switching parts is not permissible or possible.

5.116 Capacitive breaking capability class of switches

5.116.1 General

It is possible that a switch may be classified as class C2 for cable-charging for example, but as class C1 for capacitor bank.

5.116.2 Class C1 switch

Switch with demonstrated capability of capacitive current breaking which has exhibited restrikes during at least one of the following specific type tests (test duties TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} and TD_{bb1}) and is not complying with the conditions to be class C2.

5.116.3 Class C2 switch

Switch with very low probability of restrike during capacitive current breaking as demonstrated by not exhibiting restrikes during the specific type tests (test duties TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} and TD_{bb1}) for which the switch is rated. However, is also considered belonging to this class, a switch exhibiting a single restrike for at least one of the indicated test duties but no restrike during repetition of the specific test duty. See 7.101.8.

6 Design and construction

6.1 Requirements for liquids in switchgear and controlgear

Subclause 6.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.2 Requirements for gases in switchgear and controlgear

Subclause 6.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.3 Earthing of switchgear and controlgear

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.4 Auxiliary and control equipment and circuits

Subclause 6.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.5 Dependent power operation

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.6 Stored energy operation

Subclause 6.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

See also 6.105 of IEC 62271-102:2018 for maximum manual operating (storing energy) forces.

6.7 Independent unlatched operation (independent manual or power operation)

Subclause 6.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

See also 6.105 of IEC 62271-102:2018 for maximum manual operating (storing energy) forces.

6.8 Manually operated actuators

Subclause 6.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.9 Operation of releases

Subclause 6.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.10 Pressure/level indication

Subclause 6.10 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.11 Nameplates

6.11.1 General

Subclause 6.11.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.11.2 Application

Subclause 6.11.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following modifications:

Switches and their operating devices that are designed to be used as stand-alone or to be integrated by third parties as components for switchgear shall be provided with nameplates which contain information in accordance with Table 2.

Switches and their operating devices that are designed to be integrated in a particular family of switchgear shall integrate the information in the nameplate(s) and/or in the manufacturer's instructions manual of the switchgear, as indicated in Table 2.

Operating devices that are provided as separate components shall have separate nameplates which contain information in accordance with Table 2.

Table 2 replaces Table 9 of IEC 62271-1:2017.

Table 2 – Nameplate information

(1) ^a	Abbreviation (2) ^{a b}	Unit (3)	Switch (4)	Operating device (5)	Condition: marking required only if (6)
Information to be put on the nameplate					
Manufacturer			X	X	
Manufacturer's type designation			X	X	
Manufacturer's instructions reference(s)			X	X	
Year of manufacture			X	X	
Reference of this document			X	X	
Mechanical endurance class	M1 or M2		X	X	
Electrical endurance class ^c	E1, E2 or E3		Y		general purpose switch
Capacitive switching class ^c	C1 or C2		Y		rated for I_{cc} , I_{lc} , I_{sb} or I_{bb}
Serial number			X	X	
Rated voltage	U_r	kV	X		
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	kV	X		
Rated power-frequency withstand voltage	U_d	kV	X		
Rated frequency	f_r	Hz	X		
Rated continuous current	I_r	A	X		
Rated short-time withstand current	I_k	kA	X		
Rated duration of short-circuit	t_k	s	Y		different from 1 s
Rated peak withstand current	I_p	kA	X		

(1) ^a	Abbreviation (2) ^{a b}	Unit (3)	Switch (4)	Operating device (5)	Condition: marking required only if (6)
Rated short-circuit making current	I_{ma}	kA	Y		different from peak withstand current
Type and mass of fluid (liquid or gas) for insulation	M_f and chemical formula for gas or commercial name for liquid	kg	Y		contains fluid
Minimum and maximum ambient air temperature		°C	Y	Y	different from: –5 °C and/or 40 °C
Information to be put on the nameplate or in the instructions					
Designation of the type of switch (general purpose, limited purpose or special purpose)			X		
Rated mainly active load-breaking current	I_{load}	A	Y		different from rated continuous current
Rated closed-loop breaking current	I_{loop}	A	Y		different from rated continuous current
Rated parallel power transformer breaking current	I_{pptr}	A	Y		
Rated cable-charging breaking current	I_{cc}	A	Y		
Rated line-charging breaking current	I_{lc}	A	Y		
Rated single capacitor bank breaking current	I_{sb}	A	Y		
Rated back-to-back capacitor bank breaking current	I_{bb}	A	Y		
Rated earth-fault breaking current	I_{ef1}	A	Y		
Rated cable- and line-charging breaking current under earth-fault conditions	I_{ef2}	A	Y		
Rated motor breaking current	I_{mot}	A	Y		
Rated back-to-back capacitor bank inrush making current	I_{in}	A	Y		
Filling pressure for operation	P_{rm}	kPa		Y	
Minimum functional pressure for operation	p_{mm}	kPa		Y	
Alarm pressure for operation	P_{am}	kPa		Y	
Filling pressure for insulation	P_{re}	kPa	Y		
Minimum functional pressure for insulation	p_{me}	kPa	Y		
Alarm pressure for insulation	P_{ae}	kPa	Y		
Minimum functional pressure for switching	p_{sw}	kPa	Y		
Rated supply voltage(s) of auxiliary and control circuits. Specify DC/AC (with rated frequency)	U_a	V		Y	

Key	
"X" The marking of these values is mandatory.	
"Y" The marking of these values is subject to the condition in column (6) or if applicable.	
^a	Abbreviations in column (2) may be used instead of terms in column (1). When terms of column (1) are used, the word "rated" need not appear.
^b	It is permissible to combine abbreviations where values are identical, for example: $I_r, I_{load}, I_{loop} = 400 \text{ A}$.
^c	Different rated currents and short-circuit making currents related to different classes may be given.

6.12 Locking devices

Subclause 6.12 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Switches to be mechanically interlocked by blocking the operating shaft or power kinematic chain of the switch, and not integrated in switchgear and controlgear assemblies covered by IEC 62271-200 [3] or IEC 62271-201 [4], shall be designed to withstand:

- during motor-operation, the strain produced by the motor starting torque at the maximum motor supply voltage, or, if a strain limiting device is present, to its limiting value, and
- during manual-operation, 3 times the value of the corresponding maximum force given for manual operation in 6.105 (without considering peak value) or, if a strain limiting device is present, to 1,5 times its limiting value.

6.13 Position indication

Subclause 6.13 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Refer also to 6.105.

6.14 Degrees of protection provided by enclosures

Subclause 6.14 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions for enclosures containing auxiliary and control circuits:

The degree of protection provided by enclosures for outdoor installations shall be a minimum of IP3XDW of IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013.

For indoor installations the degree of protection shall be not less than IP2X of IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013.

6.15 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 6.15 of IEC 62271-1:2017 is applicable for outdoor equipment. No specific requirements for creepage distance are given for indoor equipment.

6.16 Gas and vacuum tightness

Subclause 6.16 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.17 Tightness for liquid systems

Subclause 6.17 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.18 Fire hazard (flammability)

Subclause 6.18 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.19 Electromagnetic compatibility (EMC)

Subclause 6.19 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.20 X-ray emission

Subclause 6.20 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.21 Corrosion

Subclause 6.21 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.22 Filling levels for insulation, switching and/or operation

Subclause 6.22 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

6.101 Making and breaking operations

All switches shall be designed so as to be capable of making the circuits to which their rated making current(s) and rated breaking currents apply (see 5.113).

All switches shall be designed so as to be capable of breaking at the assigned recovery voltage any current up to and including their rated breaking currents.

6.102 Requirements for switch-disconnectors

Switch-disconnectors shall, in addition to the requirements of this document, comply with the requirements specified for disconnectors in IEC 62271-102 for their disconnecting function.

6.103 Mechanical strength

Switches shall be capable of bearing mechanical terminal loads as specified by the manufacturer, when installed in accordance with the manufacturer's instructions, as well as electromagnetic forces, without reduction of their reliability or current-carrying capacity.

6.104 Securing the position

Switches, including their operating devices, shall be so constructed that they cannot come out of their open or closed positions by forces arising from gravity, vibration, reasonable shocks or accidental touching of the connecting rods of their operating devices, or by electromagnetic forces.

Switches or their operating devices shall be designed to allow the application of means to prevent unauthorized operation.

6.105 Indication and signalling of position

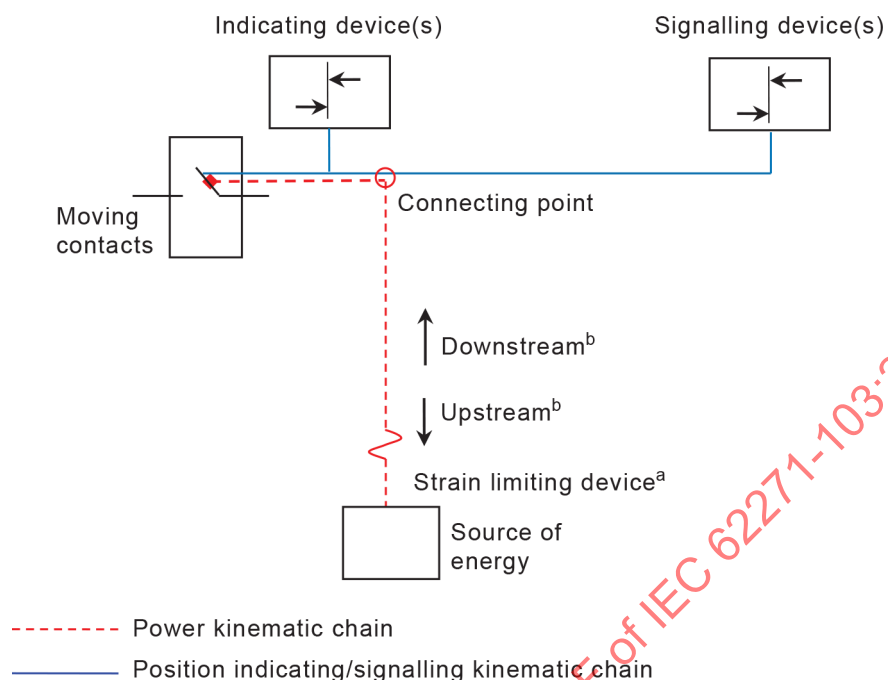
6.105.1 General requirements

Indication and signalling of the closed and open position shall not take place unless the moving contacts have reached their closed or open position, respectively.

For the definition of "closed position" and "open position" see 3.6.109 and 3.6.110 of IEC 62271-102:2018.

For the definitions related to "kinematic chain", see 3.5.112, 3.5.113 and 3.5.114 of IEC 62271-102:2018.

Figure 1 represents the different elements involved in indication and signalling of positions, and some design conditions.



Key

- ^a The strain limiting device (if any) can be an external device or an internal as part of the source of energy, e.g. torque (force) controlling system.
- ^b Upstream is the direction towards the source of energy, downstream is the direction towards the contacts.

Figure 1 – Position-indicating/signalling device(s)

The strain limiting device (if any) may be placed at any point along the power kinematic chain between the source of energy and the connecting point, but it shall not be along the position-indicating/signalling kinematic chain. See 6.105.2 and 6.105.3.

The position-indicating device(s) shall be fixed directly on a mechanical part of the power kinematic chain or mechanically connected to it through a separate position-indicating/signalling kinematic chain. If the position indicator is not directly fixed on the mechanical part of the power kinematic chain, then the position-indicating kinematic chain from the connecting point shall be placed inside an enclosure providing a minimum degree of protection equivalent to IP2XC of IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 and IEC 60529:1989/AMD2:2013, and with an impact level IK 07 of IEC 62262:2002.

The position-signalling kinematic chain shall be placed inside an enclosure with the same levels of protection as defined for the position-indicating kinematic chain.

6.105.2 Indication of position

The open and closed positions of the switches shall be clearly indicated. This requirement is met if one of the following conditions is fulfilled:

- each open gap is visible;
- the position of each movable contact is indicated by a reliable indicating device. If all switch poles are linked together, a common indicating device may be used.

The kinematic chain between the moving contacts and the position-indicating device shall be designed with sufficient mechanical strength to meet the requirements of the specified tests (7.102.6). The operation of the position-indicating kinematic chain shall be positively driven. The position-indicating device may be marked directly on a mechanical part of the power kinematic chain by suitable means. The strain-limiting device, if any, shall not form part of the position-indicating kinematic chain.

6.105.3 Signalling of position by auxiliary contacts

A common signal for all poles of a switching device shall be given only if all poles of the switch are in a position in accordance with 6.105.1.

A common position-signalling device is permitted to be used only if the switch is three-pole operated by a common operating mechanism.

The kinematic chain between the moving contacts and the position-signalling device(s) shall be designed with sufficient mechanical strength to meet the requirements of the mechanical endurance tests. The position-signalling kinematic chain operation shall be positively driven. The strain-limiting device, if any, shall not form part of the position-signalling kinematic chain.

6.106 No-load transformer breaking

All switches capable of switching an active load shall be designed to be capable of breaking no-load transformer breaking currents. Generally, the stress associated with this duty is negligible and is easily performed for a switch capable of switching an active load.

Because of the variety of transformers and associated circuits, it is not possible to define a rated no-load transformer breaking current. Due to the non-linearity of the transformer core, it is not possible to correctly model the switching of transformer magnetizing current using linear components in a test laboratory. Tests conducted using an available transformer will only be valid for the tested transformer and cannot be representative for other transformers. If a special test is necessary, test circuits and test procedures shall be agreed between customer and manufacturer.

7 Type tests

7.1 General

7.1.1 Basics

Subclause 7.1.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable, with the additions and exceptions indicated below.

The purpose of type tests is to prove the characteristics of high-voltage switches, their operating devices and their auxiliary equipment.

All tolerances are defined in Annex A, Table A.1.

Type tests include:

a) normal type tests:

- dielectric tests including lightning impulse withstand tests and power-frequency voltage withstand tests;
- measurement of the resistance of the main circuit;
- continuous current test;
- short-time withstand current and peak withstand current tests;
- verification of the protection;

- tightness tests;
- electromagnetic compatibility (EMC) tests;
- additional tests on auxiliary and control circuits;
- X-radiation test for vacuum interrupters;
- tests to prove the ability of the switch to make and break the specified currents;
- tests to prove satisfactory mechanical operation and endurance including environmental tests.

All of the above tests, except where other indication is given in each respective clause, shall be made on complete high-voltage switches (filled with the specified types and quantities of liquid or gas at specified density or reduced density, as required), including their operating devices and auxiliary equipment.

b) special tests upon special request of the user:

- tests to prove satisfactory operation under severe ice conditions as defined in 7.102.5;
- tests to prove the integrity of the external insulation under conditions of air pollution as defined in IEC 60507 [5] for ceramic and glass insulators.

7.1.2 Information for identification of test objects

Subclause 7.1.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.1.3 Information to be included in the type-test reports

Subclause 7.1.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

- Reference no-load test

At the beginning of the type tests, the mechanical characteristics of the switch shall be established, for example, by recording no-load travel curves. The mechanical characteristics will serve as the reference for the purpose of characterizing the mechanical behaviour of the switch. Furthermore, the mechanical characteristics shall not significantly differ in the different test samples used during the mechanical, making, breaking and switching type tests, in accordance with the manufacturer's tolerances as defined in 7.102.1.1. The test in which this reference is gained is referred to as reference no-load test and the curves or other parameters resulting from it as reference mechanical characteristics. Reference mechanical characteristics shall be established in accordance with 7.102.1.1.

7.2 Dielectric tests

Subclause 7.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following exception in 7.2.9 and 7.2.10.

7.2.9 Artificial pollution tests for outdoor insulators

No pollution tests are required for indoor equipment. Subclause 7.2.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable for outdoor equipment.

7.2.10 Partial discharge tests

Subclause 7.2.10 of IEC 62271-1:2017 is replaced by the following:

No partial discharge tests are required to be performed on the complete high-voltage switch. However, switch components shall comply in this respect with their relevant IEC publications.

7.3 Radio interference voltage (RIV) test

RIV tests are not required.

7.4 Resistance measurement

Subclause 7.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.5 Continuous current tests

Subclause 7.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.6 Short-time withstand current and peak withstand current tests

7.6.1 General

Subclause 7.6.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

Short time withstand current and peak withstand current tests performed at 50 Hz or 60 Hz using a peak factor of 2,6 cover both frequencies for DC time constant network of 45 ms or smaller.

Short time withstand current and peak withstand current tests performed at 50 Hz or 60 Hz using a peak factor of 2,7 cover both frequencies for networks with DC time constants higher than 45 ms.

7.6.2 Arrangement of the equipment and of the test circuit

Subclause 7.6.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.6.3 Test current and duration

Subclause 7.6.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.6.4 Conditions of the test object after test

Subclause 7.6.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.7 Verification of the protection

Subclause 7.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.8 Tightness tests

Subclause 7.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.9 Electromagnetic compatibility (EMC) tests

Subclause 7.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

7.10.1 General

Subclause 7.10.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.10.2 Functional tests

Subclause 7.10.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

If the mechanical operation test at ambient air temperature in accordance with 7.102.2 is performed on the complete switch equipped with its entire control unit, the functional tests in accordance with 7.10.2 of IEC 62271-1:2017 shall be regarded as covered and additional tests are not required.

7.10.3 Verification of the operational characteristics of auxiliary contacts

Subclause 7.10.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.10.4 Environmental tests

Subclause 7.10.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

If the mechanical operation test at ambient air temperature in accordance with 7.102.2, the low and high temperature tests in accordance with 7.102.3 and, if applicable, the humidity test in accordance with 7.102.4 are performed on the complete switch equipped with its entire control unit or in the case of the humidity test on the control equipment respectively, the environmental tests in accordance with 7.10.4 of IEC 62271-1:2017 shall be regarded as covered and additional tests are not required.

7.10.5 Dielectric test

Subclause 7.10.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.11 X-radiation test for vacuum interrupters

Subclause 7.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.101 Making and breaking tests

7.101.1 Test duties for general purpose switches

7.101.1.1 Tables of test duties

The required number of operations, test voltages, and currents for classes E1, E2 and E3 general purpose switches are given in Table 3 for three-phase tests and in Table 4 for single-phase tests. All test duties except test duty TD_{ma} shall be performed on the same general purpose switch but may be performed in any convenient order. The tests shall be performed without reconditioning of the general purpose switch during the test programme.

For all breaking tests duties, contact separation shall be random.

**Table 3 – Test duties for general purpose switches –
Test duties for three-phase tests on three-pole operated, general purpose switches**

		Test voltage	Test current	Number of making and breaking operations		
Description	Test duties			Class E1	Class E2	Class E3
Mainly active load current	TD _{load2}	U_r	I_{load}	10	30	100
	TD _{load1}		$0,05 \times I_{load}$	20	20	20
Closed-loop current	TD _{loop}	$0,20 \times U_r$	I_{loop}	10	20	20
Cable-charging current	TD _{cc2}	U_r	I_{cc}	10 ^a	10 ^a	10 ^a
	TD _{cc1}		$0,1 \times I_{cc}$ to $0,4 \times I_{cc}$	10 ^a	10 ^a	10 ^a
Line-charging current	TD _{lc}	U_r	I_{lc}	10 ^a	10 ^a	10 ^a
Short-circuit making current	TD _{ma}	U_r	I_{ma}	2 making operations	3 making operations	5 making operations
Earth fault current	TD _{ef1}	U_r	I_{ef1}	10	10	10
Cable- and line-charging current under earth faults	TD _{ef2}	U_r	I_{ef2}	10	10	10
^a In the case where the switch is defined as a class C2 switch and if one restrike occurs during the test duty, 7.101.8 is applicable.						

**Table 4 – Test duties for general purpose switches –
Single-phase tests on three-pole general purpose switches operated pole-after-pole
and single-pole general purpose switches applied on three-phase systems**

		Test voltage	Test current	Number of making and breaking operations		
Description	Test duties			Class E1	Class E2	Class E3
Mainly active load current	TD _{load2}	$1,5 \times U_r / \sqrt{3}$	I_{load}	5	15	50
	TD _{load2}	U_r^b	$0,87 \times I_{load}^a$	5	15	50
	TD _{load1}	U_r^b	$0,05 \times I_{load}$	20	20	20
Closed-loop current	TD _{loop}	$0,20 \times U_r^b$	I_{loop}	10	20	20
Cable-charging current	TD _{cc2}	^c	I_{cc}	12 ^d	12 ^d	12 ^d
	TD _{cc1}	^c	$0,1 \times I_{cc}$ to $0,4 \times I_{cc}$	12 ^d	12 ^d	12 ^d
Line-charging current	TD _{lc}	^c	I_{lc}	12 ^d	12 ^d	12 ^d
Short-circuit making current	TD _{ma}	U_r	I_{ma}	2 making operations	3 making operations	5 making operations
Earth fault current	TD _{ef1}	$U_r / \sqrt{3}$	I_{ef1}	10	10	10
Cable- and line-charging current under earth faults	TD _{ef2}	U_r	I_{ef2}	10	10	10

- ^a Alternatively, one test series may be performed at rated voltage U_r and rated current I_{load} , provided 10 operations are performed for class E1, 30 operations for class E2, and 100 operations for class E3 general purpose switches.
- ^b The peak TRV values shall be $\sqrt{3}/1,5$ times the values shown in Table 8 and Table 9.
- ^c The test voltage is the one defined in 7.101.7.3.2 for non-effectively earthed neutral systems.
- ^d In the case where the switch is defined as a class C2 switch and if one restrike occurs during the test duty, 7.101.8 is applicable.

7.101.1.2 Test duties for short-circuit making tests

Short-circuit making tests shall be performed on a switch which has been subjected to at least 10 make-break operating cycles at 100 % mainly active load as required for test duty TD_{load2} . If making and breaking are done by separate contacts or separate contacts areas, test duty TD_{ma} may be performed on a new switch.

For class E1 switches, the tests shall be performed with a sequence of 2C operations with a no-load O in-between, i.e. C – O (no-load) – C.

For class E2 switches, the test sequence is 2C – x – 1C, where x represents arbitrary switching tests, or even no-load tests.

For class E3 switches, the test sequence is 2C – x – 1C – y – 2C, where x and y represent arbitrary switching tests, or even no-load tests.

For class E2 and class E3 switches, the 2C operations consist of C – O (no-load) – C.

The switch shall be able to make the current with pre-arcing occurring at any point on the voltage wave. Two extreme cases are specified as follows:

- a) making at the peak of the voltage wave, leading to a symmetrical short-circuit current and the longest pre-arcing time. The making shall occur within $-30^\circ/+15^\circ$ of peak voltage;
- b) closing at the zero of the voltage wave, without pre-arcing, leading to a maximum asymmetrical short-circuit current.

During the short-circuit making tests series, both requirements a) and b) shall be met once for class E1 switches, once for class E2 switches and twice for class E3 switches.

If, due to long pre-arcing times, it is not possible to achieve the required rated short-circuit making current at rated voltage, it may be necessary to carry out tests at reduced voltage in order to obtain the maximum asymmetrical short-circuit current as described in 7.101.6.4.

If the requirements a) and b) are not met within the specified number of tests, it is allowed to carry out additional tests on the same switch. If the switch fails during these additional tests, then the manufacturer is allowed to submit a new switch to repeat the short-circuit making tests.

NOTE The reason for this allowance to repeat the tests is possible random behaviour of the switch during the short-circuit making tests.

7.101.1.3 Test duties for make-break tests

Make-break operating cycles shall be carried out for test duties TD_{load} , TD_{loop} , TD_{cc} , TD_{lc} , TD_{ef1} and TD_{ef2} . The opening operation shall follow the closing operation with a time delay between the two operations at least sufficient for any transient currents to subside. The opening and closing operations may be separated when design features of the switch or limitations of the test plant require it. For convenience, open-close operations may also be performed. The breaking currents shall be in accordance with 7.101.6.3.

If the TRV parameters achieved in test duty TD_{load2} are equal to or more severe than TRV parameters required for test duty TD_{loop} , then test duty TD_{loop} need not be performed, provided 10 additional operations for class E1 switches or 20 for class E2 and class E3 switches are performed for test duty TD_{load2} , with the consent of the manufacturer.

NOTE As long as the above TRV requirements are considered, the different power factors of both test circuits described in 7.101.7.1 and 7.101.7.2.2 have no influence on the breaking performance of the switch.

The TRV of test duty TD_{load2} has the same peak and a higher rate of rise, if:

- either the source side impedance is equal or greater than 20 % of the total impedance,
- or the TRV is adjusted with an increased amplitude factor, for example $(20/15) \times 1,4$ in the case where the source impedance is 15 %.

7.101.2 Test duties for limited purpose switches

The tests specified for general purpose switches in 7.101.1 shall be used, deleting those test duties for which the switch is not rated or by reducing the test values according to the limited ratings. The minimum required number of operations for each test duty shall be selected as for class E1 general purpose switches of Table 3 or Table 4.

7.101.3 Test duties for special purpose switches

Special purpose switches shall be tested in accordance with at least one of the tests defined in Table 5 for three-phase tests and in Table 6 for single-phase tests.

Special purpose switches shall also be tested in accordance with the tests specified for general purpose switches in 7.101.1, deleting the test duties for which the switch is not rated. The minimum required number of operations for each test duty shall be selected as for class E1 general purpose switches of Table 3 or Table 4.

Make-break operating cycles shall be carried out for all test duties. The opening operation shall follow the closing operation with a time delay between the two operations at least sufficient for any transient currents to subside. The opening and closing operations can be separated when design features of the switch or limitations of the test plant require it. The time interval between closing and opening shall not normally exceed 3 min. For convenience, open-close operations may also be performed. The breaking currents shall be in accordance with 7.101.6.3.

For all breaking tests duties, contact separation shall be random.

**Table 5 – Test duties for special purpose switches –
Three-phase tests on three-pole operated switches**

Test duty		Test voltage	Test current	Number of cycles of operations
Description	Test duties			
Parallel power transformer breaking current	TD_{pptr}	$0,15 \times U_r$	I_{pptr}	10
Single capacitor bank breaking current	TD_{sb2}	U_r	I_{sb}	10^b
	TD_{sb1}		$0,1 \times I_{sb}$ to $0,4 \times I_{sb}$	10^b
Back-to-back capacitor bank breaking current and inrush making current	TD_{bb2}	U_r	I_{bb}	10^b
	TD_{bb1}		$0,1 \times I_{bb}$ to $0,4 \times I_{bb}$	10^b
Motor current	TD_{mot}	a	a	a

^a Refer to 4.3 of IEC 62271-110:2017.

^b In the case where the switch is defined as a class C2 switch and if one restrike occurs during the test duty, 7.101.8 is applicable.

**Table 6 – Test duties for special purpose switches –
Single-phase tests on three-pole switches operated pole-after-pole
and single-pole switches applied on three-phase systems**

		Test voltage	Test current	Number of cycles of operations
Description	Test duties			
Parallel power transformer breaking current	TD _{pptr}	$0,15 \times U_r^a$	I_{pptr}	10
Single capacitor bank breaking current	TD _{sb2}	b	I_{sb}	12 ^e
	TD _{sb1}	b	$0,1 \times I_{sb}$ to $0,4 \times I_{sb}$	12 ^e
Back-to-back capacitor bank current	TD _{bb2}	b	I_{bb}	12 ^{c, e}
	TD _{bb1}	b	$0,1 \times I_{bb}$ to $0,4 \times I_{bb}$	12 ^e
Motor current	TD _{mot}	d	d	d
^a The peak TRV values shall be $\sqrt{3}/1,5$ times the values shown in Table 10. ^b The manufacturer shall select the test circuit to be representative of the intended application. The test voltage is defined in 7.101.7.3.2. ^c At least three of the making operations shall take place within ± 25 electrical degrees of voltage peak. ^d Refer to 4.3 of IEC 62271-110:2017. ^e In the case where the switch is defined as a class C2 switch and if one restrike occurs during the test duty, 7.101.8 is applicable.				

7.101.4 Arrangement of the switch for tests

The switch under test shall be completely mounted on its dedicated 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 supply voltage or pressure for operation, respectively.

Before commencing making and breaking tests, no-load operations shall be made, and details of the operating characteristics of the switch such as speed of travel, closing time and opening time shall be recorded.

If applicable, tests shall be performed at the minimum functional pressure for insulation and/or switching.

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

Consideration shall be given to the effects of energization of either terminal of the switch.

The switch shall be supplied or energized as in service.

When the switch in service can be supplied or energized on both sides, the following applies:

- For TD_{load2} , if the physical arrangement of one side of the switch differs from that of the other side, 50 % of the total number of close-open operations of the test duty shall be carried out with the supply side of the test circuit connected to one side of the switch and the remaining 50 % of the test duty shall be made with the supply connected to the other side. If the contact arrangement is symmetrical on both sides of the switch, then TD_{load2} may be performed using only one side.
- For other make-break tests and for TD_{ma} , the switch shall be supplied from the same side, at laboratory convenience.

Making and breaking tests on three-pole operated switches shall be made in a three-phase circuit except as noted for capacitive current switching tests. Making and breaking tests on three-pole switches operated pole-after-pole, or single-pole switches applied on three-phase systems, may be performed in a single-phase circuit when they have single-phase enclosures.

For switches normally installed within a metal enclosure, and having the characteristic of the emission of flame or metallic particles during breaking or making, the following procedure is required. The tests shall be made with the switch mounted within the metal enclosure or with metallic screens placed in the vicinity of the live parts, and separated from them by a clearance which the manufacturer shall specify. The screens, frame and other normally earthed parts shall be insulated and then connected to earth through a current indicating device. The current indicating device can be a fuse consisting of a copper wire of 0,1 mm diameter and 5 cm in length, or a link to earth across a sensor to measure the current. The fuse wire may also be connected to the secondary side of a 1:1 ratio current transformer. The terminals 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 or if the Joule integral of the leakage current is less than 5 A²s from arc establishing up to 100 ms.

7.101.5 Earthing of test circuit and switch

Making and breaking tests, with the exception of capacitive current switching tests, conducted on three-pole operated switches, shall be performed using a three-phase test circuit with either the neutral point of the supply earthed, or the neutral point of the load earthed. In either case, the frame of the switch shall be earthed.

For single-phase breaking tests on three-pole switches operated pole-after-pole, or for tests on single-pole switches applied on three-phase systems, tests shall be performed with one terminal of the pole to be tested connected to the supply, and the other terminal connected to the load. The common-side connection of the load and supply may be earthed, as shown in Figure 3 and Figure 5, for example. For capacitive tests circuits, refer to 7.101.7.3.4 and 7.101.7.3.5.

The connections used in all tests shall be stated in the test report.

7.101.6 Test parameters

7.101.6.1 Test frequency

Switches shall be tested at rated frequency, with a tolerance as stated in Table A.1.

Switches may be tested at 50 Hz or 60 Hz to cover both frequencies with the testing conditions given in Table 7.

Table 7 – Summary of the conditions for combining tests and alternative procedures

Test duty	Performed at 50 Hz, and also valid for 60 Hz	Performed at 60 Hz, and also valid for 50 Hz
TD_{load2} , TD_{loop}	If at least 10 operations are performed with increased current by factor 1,2 for each specific TD . ^{a b c}	Yes, when the number of tests is increased by 10 %.
TD_{load1} , TD_{pptr}	Yes	Yes
TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} , TD_{bb1}	If the prospective recovery voltage fulfils the requirements for 60 Hz in accordance with 7.101.7.3.9. ^d	Yes
TD_{ef1} , TD_{ef2}	If the prospective recovery voltage fulfils the requirements for 60 Hz in accordance with the parameters given for TD_{cc2} , TD_{lc} in Table 11. ^d	Yes
TD_{ma}	Yes, if 60 Hz peak factor is used	Yes

^a In the case of E2 or E3 switches, the remaining operations shall be performed with the rated mainly active load current. Alternatively, the operations at increased current may also be performed on an additional test object.

^b Instead of increasing the current, for class E2 and class E3 switches it is acceptable to perform at least 10 operations at 60 Hz.

^c The factor 1,2 reflects the higher di/dt at 60 Hz.

^d Among other possibilities, increase source impedance or tests performed with a test voltage of at least 1,44 the rated voltage of the switch, also cover these requirements.

7.101.6.2 Test voltage for breaking tests

The power-frequency test voltage for breaking tests are as shown in Table 3 to Table 6.

The test voltage shall be measured immediately after interruption, with the exception of capacitive loads, where the voltage is measured immediately prior to opening of the contacts. The voltage shall be measured as closely as possible to the terminals of the switch, i.e. without appreciable impedance between the measuring point and the terminals. For three-phase tests, the test voltage shall be expressed as the average of the phase-to-phase test voltages. The test voltage tolerance between any two phases is given in Table A.1. The power-frequency test voltage shall be maintained for at least 0,3 s after arc extinction.

7.101.6.3 Breaking current

The currents for breaking tests are as shown in Table 3 to Table 6.

The current to be interrupted shall be symmetrical with negligible decrement. The contacts of the switch shall not be separated until transient currents due to closing of the circuit have subsided.

NOTE The value of the DC-component of the breaking current is considered negligible when the DC-component is equal to or less than 20 %.

The difference between the average current and the values obtained in each pole shall not exceed the value as given in Table A.1.

The waveform of the test current for capacitive current switching tests should be sinusoidal. This requirement is satisfied if the ratio of the RMS value of the total current to the RMS value of the fundamental component does not exceed 1,2. The current to be interrupted shall not go through zero more than once per half cycle of power frequency.

The breaking capacity shall be stated in terms of:

- a) the test voltage;
- b) the breaking currents;
- c) the supply side and load side power factor;
- d) the test circuit;
- e) the transient recovery voltage parameters;
- f) the number of close-open operating cycles.

7.101.6.4 Test voltage for short-circuit making tests

7.101.6.4.1 General

The power-frequency test voltages for short-circuit making tests are as shown in Table 3 and Table 4. The test voltage tolerance between any two phases is given in Table A.1.

7.101.6.4.2 Alternative synthetic tests

If laboratory test limitations make direct tests at rated voltage and rated current difficult, a synthetic making circuit may be used to produce the required test voltage from one supply and the rated making current from a second supply.

7.101.6.4.3 Alternative tests at reduced voltage

As an alternative, direct tests may be performed at a reduced test voltage, by ensuring that the pre-arcing period at the reduced test voltage is not shorter than that at rated voltage.

Depending on the technology of the switch, different means for short-circuit making tests at reduced voltage may be applicable:

- where possible, the pre-arcing may be initiated by a thin and rigid fuse wire fastened at the fixed contact of each pole in the case of three-phase tests;
- for switches breaking under gas, the short-circuit making tests may be performed under air or with gas, at reduced pressure. The test voltage shall be reduced by the same ratio as the difference of the flashover distance of air or the insulating gas at rated minimum pressure. The mechanical characteristics shall be in the limits of the manufacturer tolerances as defined in 7.102.1.1.

Prior to conducting short-circuit making tests at reduced voltage, the average pre-arcing time at rated voltage and its standard deviation shall be determined.

These values can be calculated from 10 making operations performed within $\pm 15^\circ$ on the peak voltage, taken from other test duties with the same type of switch, or if not available, from extra making tests, performed at reduced current in a range of 1 A to 50 A, not to cause detrimental contact erosion.

During short-circuit making tests at reduced voltage, the pre-arcing times shall not be less than the above calculated average pre-arcing time plus two times its standard deviation, to fulfil the requirement a) described in 7.101.1.2

7.101.6.4.4 Short-circuit making current

The short-circuit making current test shall be performed using a current with the rated short-circuit making current (I_{ma}) as peak value and an RMS symmetrical current. The symmetrical RMS value of current in each phase at 0,2 s shall be at least 80 % of the rated short-time withstand current. The duration of the short-circuit current shall be at least 0,2 s.

A general purpose switch shall be able to operate at voltages below its rated voltage at which it can actually make with a fully asymmetrical current. This is demonstrated by reaching the rated short-circuit making current value during short-circuit making tests.

The short-circuit making current performance shall be stated in terms of:

- a) the test voltage;
- b) the making current expressed as a peak value for asymmetrical making and an RMS value for symmetrical making;
- c) the short-circuit current duration;
- d) the test circuit;
- e) the number of making operations.

Short-circuit making current tests performed at 50 Hz or 60 Hz, using a peak factor of 2,6, cover both frequencies for DC time constant network of 45 ms or smaller.

Short-circuit making current tests performed at 50 Hz or 60 Hz, using a peak factor of 2,7, cover both frequencies for networks with DC time constants higher than 45 ms.

7.101.7 Test circuits

7.101.7.1 Mainly active load circuit (test duty TD_{load})

The test circuits of Figure 2 and Figure 3 consist of a supply circuit and a load circuit. The supply circuit, representing the total series impedance, shall have series-connected reactance and resistance and shall have a power factor as given in Figure 2 and Figure 3. The impedance of the supply circuit shall be $(15 \pm 3) \%$ of the total impedance of the test circuit for test duty TD_{load} (at 100 % of the rated current). The same supply circuit impedance shall be used for the tests at 5 % of the rated current.

The impedance representing the supply side circuit shall be connected on the supply side of the switch. The prospective transient recovery voltage of the supply circuit, under conditions of a terminal fault, shall not be less severe than those specified in Table 8. The load circuit shall have a power factor as given in Figure 2 and Figure 3 and shall consist of reactors and resistors connected in parallel.

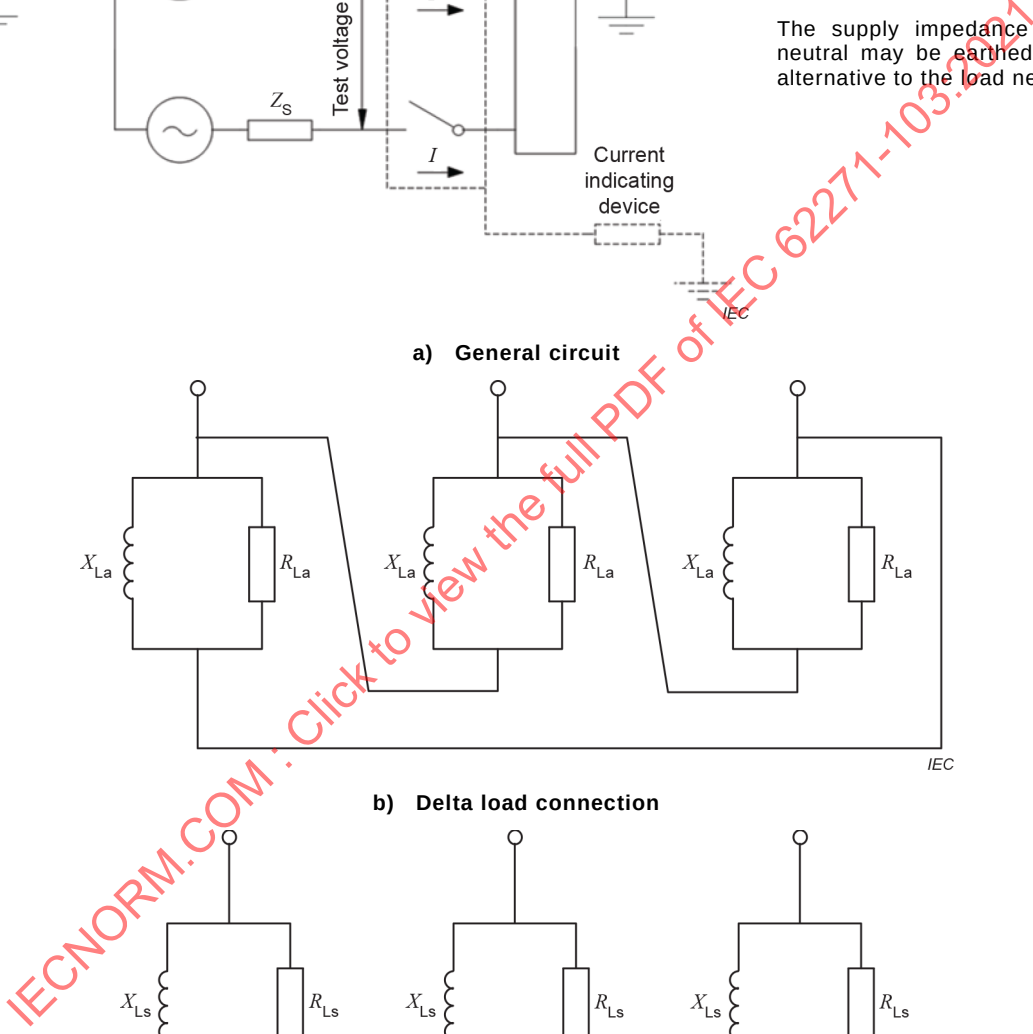
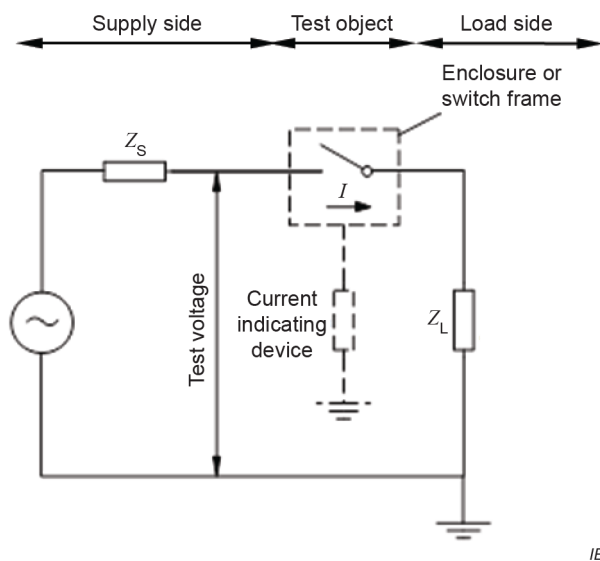


Figure 2 – Three-phase test circuit for mainly active load current switching for test duty TD_{load}



Test voltage and current defined in Table 4

Supply side:

power factor: $\leq 0,2$

$$Z_T = Z_S + Z_L$$

$$|Z_S| = (0,15 \pm 0,03) |Z_T|$$

TRV parameters: Table 8 and footnote 'b' of Table 4.

Load side:

power factor = 0,65 to 0,75

Figure 3 – Single-phase test circuit for mainly active load current switching for test duty TD_{load}

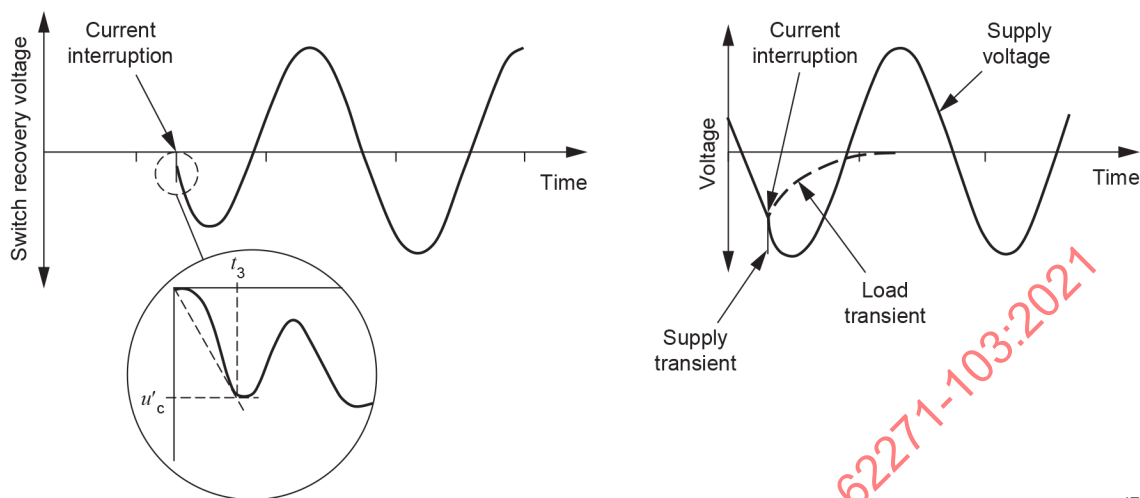
Table 8 – Supply circuit TRV parameters for mainly active load current breaking tests^a

Rated voltage U_r kV	Supply TRV parameters	
	Peak voltage u_c kV	Time coordinate t_3 μs
3,6	6,2	40
4,76 ^b	8,2	40
7,2	12,3	52
8,25 ^b	14,1	52
12	20,6	60
15 ^b	25,7	72
15,5 ^b	26,5	72
17,5	30	72
24	41	88
25,8 ^b	44,2	88
27 ^b	46,2	88
36	62	108
38 ^b	65,1	108
40,5	69,4	116
48,3 ^b	82,8	132
52	89,2	138

^a Prospective supply side TRV under the condition of a terminal fault in a non-effectively earthed neutral network.

^b Based on current practice in some countries, including the USA.

NOTE 1 The switch supply and load transient components are illustrated below. The peak value of the transient recovery voltage across the switch, u'_c as illustrated, will be approximately 15 % of u_c at an approximate time t_3 . The actual u'_c and time to peak will be dependent upon the load circuit power factor, series impedance and TRV control of the supply circuit.



IEC

NOTE 2 The series supply impedance is $(15 \pm 3) \%$ of the total impedance with a power factor of 0,2 or less. The load consists of parallel resistance and reactance. The TRV from the load is an exponentially decaying voltage whose peak is determined by the power factor of the load. Thus, the load side TRV is completely determined by the load circuit and need not be specified.

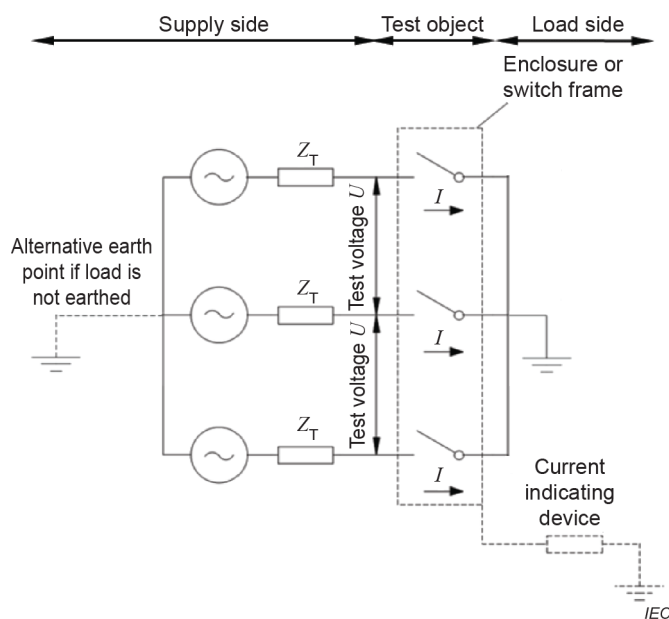
NOTE 3 The first-pole-to-clear factor k_{pp} used in the table is 1,5 corresponding to non-effectively earthed neutral networks and covers effectively earthed neutral networks. The amplitude factor k_{af} is assumed to be 1,4.

$$u_c = U_n \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times k_{af}$$

7.101.7.2 Closed-loop circuits

7.101.7.2.1 Test circuit for distribution line and parallel transformer

The test circuits for distribution line and parallel transformer are defined in Figure 4 and Figure 5.



$$Z_T = Z_S + Z_L$$

Test duty TD_{loop} – Line circuit:

$$\text{test voltage} = 0,20 U_r$$

$$\text{test current} = I_{loop}$$

$$\text{power factor} \leq 0,3$$

TRV parameters: Table 9

Test duty TD_{pptr} – Parallel-power transformer circuit:

$$\text{test voltage} = 0,15 U_r$$

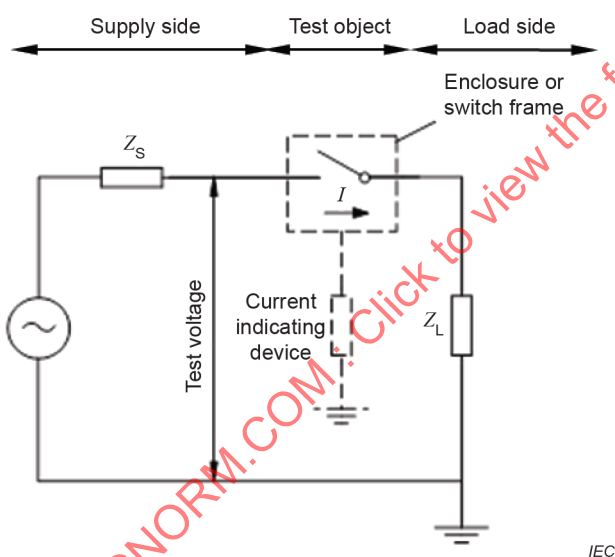
$$\text{test current} = I_{pptr}$$

$$\text{power factor} \leq 0,2$$

TRV parameters: Table 10

The supply neutral may be earthed as an alternative to the common switch connection

Figure 4 – Three-phase test circuit for distribution line closed-loop and parallel transformer current switching test for test duties TD_{loop} and TD_{pptr}



$$Z_T = Z_S + Z_L$$

Test duty TD_{loop} – Line circuit:

test voltage and current defined in Table 4

$$\text{power factor} \leq 0,3$$

TRV parameters: footnote 'b' of Table 4,

Test duty TD_{pptr} – Parallel-power transformer circuit:

test voltage and current defined in Table 6

$$\text{power factor} \leq 0,2$$

TRV parameters: footnote 'a' of Table 6

Figure 5 – Single-phase test circuit for distribution line closed-loop and parallel transformer current switching test, for test duties TD_{loop} and TD_{pptr}

7.101.7.2.2 Distribution line circuit (test duty TD_{loop})

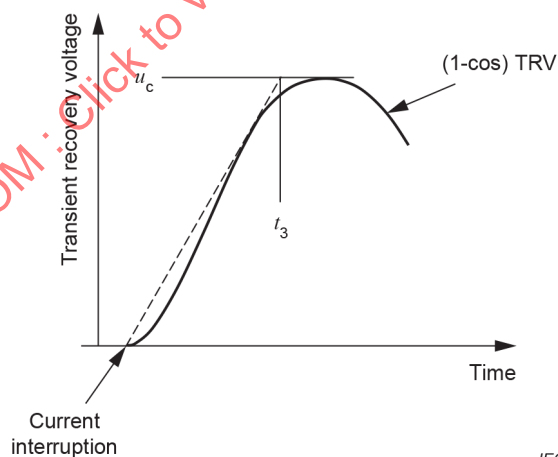
The tests circuits of Figure 4 and Figure 5 shall have series-connected reactors and resistors and a power factor as shown in Figure 4 and Figure 5. The load impedance (Z_L) may be on the supply side of the switch, the load side or divided. If the load impedance is on the load side, the supply side impedance (Z_S) shall be as low as possible, but not such that the short-circuit current exceeds the making current of the switch. The prospective transient recovery voltages across the switch shall be no less severe than those specified in Table 9.

The open circuit, phase-to-phase, test voltage for three-phase tests is as noted in Table 3. Test voltages for single-phase tests on three-pole operated switches operated pole-after-pole, or single-pole switches applied on a three-phase system, are shown in Table 4.

Table 9 – TRV parameters for distribution line closed loop breaking tests

Rated voltage U_r kV	Peak voltage U_c kV	Time coordinate t_3 µs
3,6	1,2	110
4,76 ^a	1,7	110
7,2	2,4	110
8,25 ^a	2,9	110
12	4,1	150
15 ^a	5,1	200
15,5 ^a	5,3	200
17,5	6,0	200
24	8,3	250
25,8 ^a	8,9	250
27 ^a	9,4	250
36	12,3	310
38 ^a	13,1	310
40,5	13,9	320
48,3 ^a	16,5	350
52	17,8	370

NOTE 1 The specified transient recovery voltage across the switch is of the (1-cos) form. A typical transient is illustrated below.



NOTE 2 Steady-state, phase-to-phase, open-circuit test voltage is 20 % of rated voltage. u_c is based on a system having a first pole-to-clear factor k_{pp} of 1,5 and an amplitude factor equal to 1,4.

$$u_c = U_r \times (0,20) \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times 1,5 \times 1,4$$

^a Based on current practice in some countries, including the USA.

7.101.7.2.3 Parallel power transformer circuit (test duty TD_{pptr})

The test circuits of Figure 4 and Figure 5 shall have series-connected reactors and resistors and a power factor as shown in Figure 4 and Figure 5. The prospective transient recovery voltages shall be no less severe than those specified in Table 10.

The open-circuit, phase-to-phase, test voltage for three-phase tests on three-pole switches is as noted in Table 5. Test voltages for single-phase tests on three-pole operated switches operated pole-after-pole, or single-pole switches applied on a three-pole phase system, are shown in Table 6.

Table 10 – TRV parameters for parallel power transformer breaking current tests

Rated voltage	Peak voltage	Time coordinate t_3^a
U_r	u_c	K factor
kV	kV	
3,6	0,6	0,25
4,76 ^b	0,7	0,28
7,2	1,1	0,35
8,25 ^b	1,3	0,38
12	1,9	0,45
15 ^b	2,3	0,50
15,5 ^b	2,4	0,51
17,5	2,7	0,55
24	3,7	0,63
25,8 ^b	4,0	0,67
27 ^b	4,2	0,68
36	5,6	0,78
38 ^b	5,9	0,80
40,5	6,3	0,82
48,3 ^b	7,5	0,90
52	8,1	0,93

NOTE 1 The transient recovery voltage across the switch is of the (1-cos) form and the values are for the first-pole-to-clear.

NOTE 2 The first pole-to-clear factor k_{pp} is 1,5. The amplitude factor is assumed to be 1,7 in accordance with IEC 62271-100 [6] for short-circuit test duty T10 of class S1 circuit-breakers. It is assumed that two power transformers are in parallel with one transformer being switched. The TRV is mainly from the transformer being switched. This implies that the transient recovery voltage is based only on half of the steady-state recovery voltage.

$$u_c = \frac{U_r \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 1,5 \times 1,7 \times \frac{0,15}{2}$$

^a The time coordinate is calculated as $t_3 = K \sqrt{\frac{1480+600I}{6,7I}}$, where t_3 is in microseconds and I is the test current in kA. The K factor and the equation for t_3 were derived from published transient recovery voltage frequencies obtained by low-voltage current injection of transformers. The frequency is typical of power transformers having a current rating close to the test current and an impedance of 15 % at the forced cooled rating.

^b Based on current practice in some countries, including the USA.

7.101.7.3 Capacitive circuits (test duties TD_{cc} , TD_{lc} , TD_{sb} , TD_{bb})

7.101.7.3.1 General

Tests are normally carried out in a laboratory. However, field tests may also be performed. For field tests, the actual lines, cables and capacitor banks shall be used.

For laboratory tests, the lines or cables may be partly or fully replaced by artificial circuits with lumped elements consisting of capacitors, reactors or resistors.

In the case where tests are performed at 50 Hz to cover 60 Hz in accordance with Table 7 and restrikes occur after 8,3 ms, due to instantaneous voltage being higher than it would be during a test at 60 Hz with the specified voltage, and the switch has a very low expected probability of restriking, the test duty shall be done at 60 Hz with a test voltage as specified for the 60 Hz test.

NOTE The laboratory test circuits representing lines and cables and capacitor banks are not applicable for determining the magnitude of possible overvoltage when restrikes occur. They are adapted to demonstrate the switching performance only.

Three-phase tests should be performed. However, single-phase laboratory tests on three-pole operated switches are permitted for capacitive current switching tests.

For general purpose switches the test conditions indicated for non-effectively earthed neutral systems apply. Provided that no non-sustained disruptive discharge (NSDD) occurs, this test condition also covers effectively earthed neutral systems.

7.101.7.3.2 Test voltages

The power-frequency test voltages for three-phase tests are given in Table 3 or Table 5.

Test voltage for single-phase tests on three-pole operated switches shall be equal to the product of $U_r/\sqrt{3}$ and one of the following factors. These factors are for switches having a pole non-simultaneity equal to or less than 1/6 cycle:

- 1,0 for effectively earthed neutral system for switching of capacitor banks with earthed neutrals and for switching of individually screened cables;
- 1,1 for effectively earthed neutral systems for switching of belted cables;
- 1,2 for effectively earthed neutral systems for switching of overhead distribution lines;
- 1,4 for effectively earthed neutral systems for switching of unearthed neutral capacitor banks;
- 1,4 for non-effectively earthed neutral systems for switching of capacitor banks, lines or cables;

NOTE 1 The test voltage factor of 1,4 used for switching of capacitor banks, lines or cables in a single-phase circuit to reproduce the conditions of three-phase circuit is a compromise value between 1,25 and 1,5. The value of 1,25 produces a recovery voltage with the correct peak of 2,5 p.u., but the initial portion of the recovery voltage across the first pole to clear during the first ¼ cycle is not adequately covered. The value of 1,5 produces the correct initial portion of the recovery voltage across the first pole to clear during the first ¼ cycle, but a peak of 3 p.u., which would result in a too high stress for the switch. These considerations are not limited to switches and further explanations can be found in IEC TR 62271-306 [7].

For three-pole operated switches with non-simultaneity greater than 1/6 cycle, either three-phase tests may be performed or single-phase tests may be conducted with a test voltage equal to the product of $U_r/\sqrt{3}$ and one of the following factors:

- 1,0 for effectively earthed neutral system for switching of capacitor banks with earthed neutrals and for switching of individually screened cables;
- 1,2 for effectively earthed neutral systems for switching of belted cables;
- 1,3 for effectively earthed neutral systems for switching of overhead distribution lines;

- 1,75 for non-effectively earthed neutral systems for switching of unearthed capacitor banks, lines or cables.

NOTE 2 The factor of 1,75 used for non-effectively earthed neutral systems for switching of unearthed capacitor banks, lines or cables, is a compromise value between 1,25 and 2,2 corresponding to a peak factor of 2,5 p.u. and 4,4 p.u. which can theoretically be observed in a switch with non-simultaneity greater than 1/6 cycle.

7.101.7.3.3 Characteristics of supply circuit

TD_{lc} and TD_{cc} : For line- and cable-charging current breaking tests, the supply side circuit shall be that specified for mainly active load switching tests including TRV control capacitors and resistors.

TD_{sb} and TD_{bb} : For capacitor bank switching tests, the characteristic of the supply circuit shall be such that the voltage variation (voltage decrease after breaking) is less than 2 % for TD_{sb1} and TD_{bb1} and less than 5 % for TD_{sb2} and TD_{bb2} .

Alternatively, where the voltage variation is higher than the values specified, or when the test is intended to cover 60 Hz by 50 Hz switching tests (Table 7), it is permissible to perform tests with the specified recovery voltage (7.101.7.3.9) for all the above test duties.

The impedance of the supply circuit shall not be so low that its prospective short-circuit current equals the rated short-time withstand current of the switch, refer to Figure 6.

TD_{sb} : The prospective TRV parameters of the supply circuit shall be no more severe than those specified in Table 8.

TD_{bb2} : The capacitance of the supply circuit and the impedance between the capacitors on the supply and load sides shall be such as to give the rated capacitor bank inrush making current when testing with 100 % of the rated back-to-back capacitor bank breaking current.

For back-to-back capacitor bank current switching tests where separate making tests are performed, a lower capacitance of the supply circuit may be chosen for the breaking tests.

7.101.7.3.4 Earthing of the supply circuit

For three-phase tests, the earthing shall be as follows:

- for tests of a switch intended for use in non-effectively earthed neutral systems, the neutral point of the supply side shall be isolated so as to achieve a first pole-to-clear factor of 1,5. For convenience of testing, it is equivalent to earth the supply circuit and isolate the load circuit instead.
To achieve a first pole-to-clear factor of 1,5, particularly for line-charging current breaking tests, it might be necessary to disconnect the TRV control elements from earth. For very low currents, it is unlikely to influence on the breaking performance. Alternatively, the neutral of the load circuit may be disconnected from earth.
- For tests of a switch intended for use in effectively earthed neutral systems, the neutral point of the supply circuit shall be earthed. The zero sequence impedance shall be less than three times the positive sequence impedance of the supply side.

For single-phase laboratory tests, either terminal of the single-phase supply circuit may be earthed.

It is considered that when switching tests performed in a three-phase test circuit for non-effectively earthed neutral systems were successful and no NSDD has occurred during the switching tests the effectively earthed neutral systems are covered. Earthed neutral systems are also covered when switching tests in a single-phase test circuit for non-effectively earthed neutral systems were successfully performed even if NSDD occurred.

When an NSDD has occurred during tests in a three-phase test circuit for non-effectively earthed neutral systems the tests are valid for this neutral system. To verify performance for an effectively earthed neutral system, the test duty shall be repeated using a test circuit of Figure 6 with the power source earthed. Alternatively, a single-phase test may be performed using the appropriate voltage factor described in 7.101.7.3.2.

7.101.7.3.5 General characteristics of the capacitive circuits to be switched

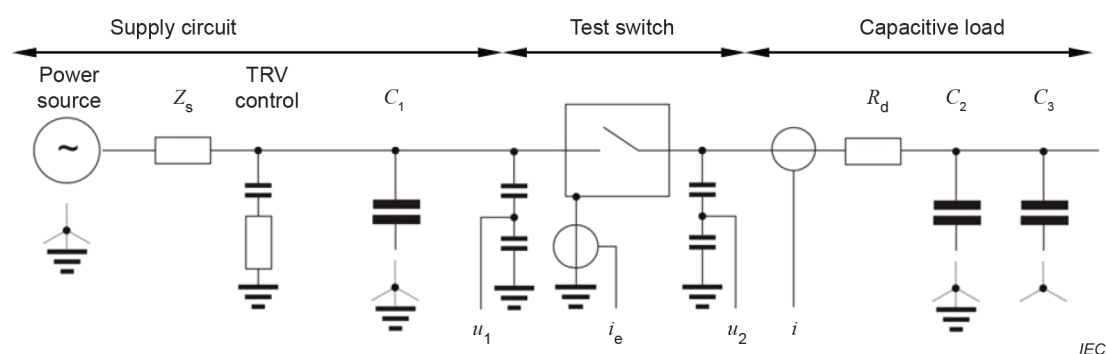
For three-phase tests, the earthing of the capacitive circuit to be switched shall be such as to conform to the applications for which the switch is intended.

If both sides, supply and load are solidly earthed the recovery voltage peak of the first pole-to-clear will be based on $2,0 \times U_{\text{phase}}$ (first pole-to-clear factor 1,0). However, if C_3 is introduced to simulate belted cables or lines (Figure 6), the recovery voltage of the first pole to clear will be based on $2,3 \times U_{\text{phase}}$.

If only one side, supply or load is earthed, the recovery voltage peak of the first pole-to-clear will be based on $2,5 \times U_{\text{phase}}$ (first pole-to-clear factor 1,5). In back-to-back capacitive circuits that applies only if the supply side is earthed and the capacitive banks (C_1 and C_2) are isolated. Tests performed based on the voltage factor of 2,5 cover all common applications of the switch.

NOTE U_{phase} is phase to earth voltage.

The characteristics of the capacitive circuit, with all necessary measuring devices such as voltage dividers included, shall be such that the voltage decay on the switched capacitance does not exceed 10 % at the end of an interval of 300 ms after final arc extinction. This requirement does not apply for field tests.



The star connections above apply only to three-phase test circuits. Where the power source is isolated it may be delta connected as well.

Test duty	Power source	Z_s	TRV-control	C_1	R_d	C_2	C_3^a
TD_{lc}	1) Earthed 2) Isolated	Like TD_{load}	Like TD_{load}	-	$\leq 0,05X_c$	Earthed	1): $\sim 2 C_2$ 2): not required
TD_{cc1} , TD_{cc2}	1) Earthed 2) Isolated	Like TD_{load}	Like TD_{load}	-	$\leq 0,05X_c$	Earthed	1): $\sim 2 C_2$ 2): not required
TD_{sb1} , TD_{sb2}	1) Earthed 2) Isolated	$sb1 \leq 0,02X_c$ $sb2 \leq 0,05X_c$, and actual $I_{sc} \leq I_k$	Like TD_{load}	-	-	1) Isolated or earthed 2) Earthed	-
TD_{bb1} , TD_{bb2}	1) Earthed 2) Isolated	$bb1 \leq 0,02X_c$ $bb2 \leq 0,05X_c$, and actual $I_{sc} \leq I_k$	Not specified	1) Isolated or earthed 2): earthed	-	Like C_1	-

1) For tests of a switch intended for use in effectively earthed neutral systems.
2) For tests of a switch intended for use in non-effectively earthed neutral systems. For convenience of testing, it is equivalent to earth the supply circuit and to isolate the load circuit.

^a For C_3 , an equivalent capacitance circuit may be used instead of the parallel capacitor bank represented.

Figure 6 – General test circuit for three- and single-phase capacitive switching tests

7.101.7.3.6 Cable-charging circuit (test duties TD_{cc1} and TD_{cc2})

Capacitors may be used to simulate individually screened cables and belted cables for convenience of the laboratory. Belted cables are typically used at system voltages up to and including 15 kV. For three-phase tests with an earthed neutral supply, representing three-core belted cables, the positive sequence capacitance of the capacitance circuit shall be approximately equal to three times the zero sequence capacitance. For an unearthed supply neutral, this requirement is not necessary.

When capacitors are used to simulate cables, a non-inductive resistance, not exceeding 5 % of the capacitive impedance, may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage.

7.101.7.3.7 Line-charging circuit (test duty TD_{lc})

Capacitors may be used to simulate lines for convenience of the laboratory. For three-phase tests, with an earthed neutral supply, the positive sequence capacitance of the capacitive circuit shall be approximately three times the zero sequence capacitance. For an unearthed neutral supply, this requirement is not necessary.

When capacitors are used to simulate overhead lines, a non-inductive resistance, not exceeding 5 % of the capacitive impedance, may be inserted in series with the capacitors. Higher values may unduly influence the recovery voltage.

7.101.7.3.8 Capacitor bank circuits (test duties TD_{sb1} , TD_{sb2} , TD_{bb1} and TD_{bb2})

For three-phase tests, the neutral of the capacitor bank shall be isolated or earthed, depending upon the application of the switch and the earthing of the neutral of the supply circuit.

In a three-phase back-to-back capacitor bank circuit both banks, C_1 and C_2 , shall likewise either be earthed or isolated. A first pole-to-clear factor of 1,5 only occurs, if C_1 and C_2 are isolated and the power supply is earthed.

7.101.7.3.9 Tests with specified TRV

If it is not possible to fulfil the requirements of 7.101.7.3.3, switching tests may be performed in circuits which fulfil the following requirements for the prospective recovery voltage:

- with the envelope of the prospective test recovery voltage defined as (see Figure 7)

$$u'_c \geq u_c$$

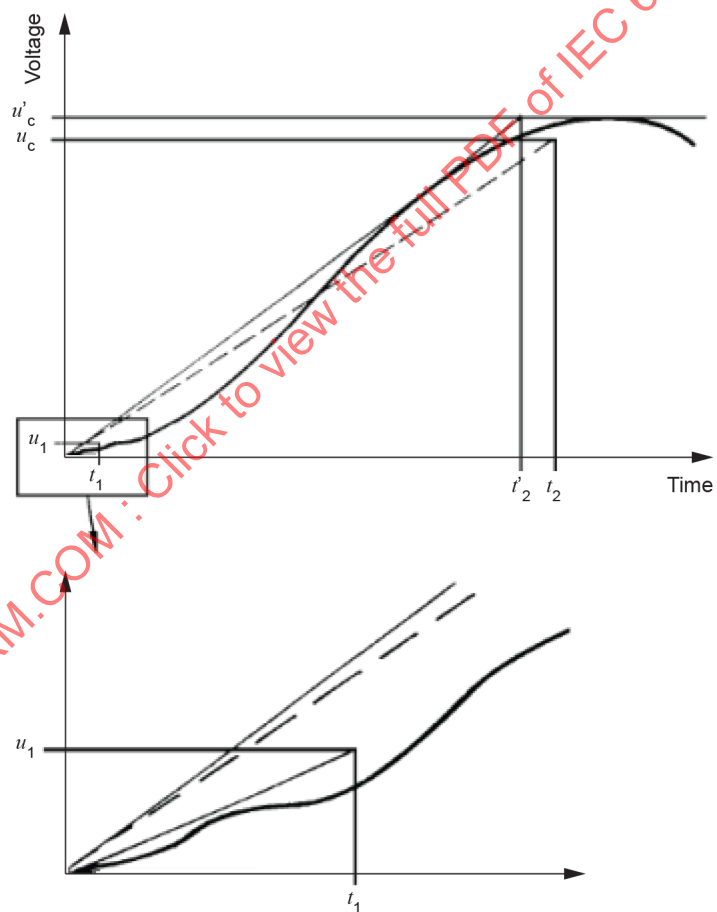
$$t'_2 \leq t_2;$$
- in addition, the initial part of the prospective recovery voltage shall remain below the line from the origin to the point defined by u_1 and t_1 ;
- the prospective recovery voltage u'_c should not exceed the theoretical recovery voltage u_c by more than 6 %;
- the use of a series resistor (R_d Figure 6) in the load circuit causes a phase shift which can lead to the above given limit to be exceeded. In those cases the value of the resistor may be decreased or an appropriate LR circuit may be used instead (Figure 6).

Specified values of u_1 , t_1 , u_c and t_2 for single-phase testing are given in Table 11.

For three-phase testing the same principle is used to define the initial part of the recovery voltage for the first-pole-to-clear.

**Table 11 – Prospective recovery voltage parameter limits
for capacitive current breaking tests**

Test-duties	Recovery voltage values of Figure 7 in relation to the peak value of the test voltage ^{a, b}		Time values of Figure 7	
	u_c p.u.	u_1 p.u.	t_1	t_2
TD _{cc1} , TD _{sb1} , TD _{bb1}	1,98	0,028	t_3^c	8,7 ms for 50 Hz
TD _{lc} , TD _{cc2} , TD _{sb2} , TD _{bb2}	1,95	0,070		7,3 ms for 60 Hz
NOTE For tests with specified recovery voltage the prospective recovery voltage is calculated based on the peak value of the test voltage of the corresponding single-phase direct test.				
^a Refer to Figure 7. ^b Values are per unit with respect to the peak value of the phase to earth test voltage. ^c t_3 in Table 8.				



u_1 , t_1 , u_c and t_2 are defined in Table 11.

**Figure 7 – Prospective recovery voltage and related specified
parameter values for capacitive current breaking tests**

7.101.7.4 Test circuits for earth fault tests (test duties TD_{ef1} and TD_{ef2})

Test circuits according to Figure 8 and Figure 9 shall be used with the impedance Z_s equal to the impedance of the supply side for test duty TD_{load} for general purpose switches. The supply side circuit shall be that specified for mainly active load switching tests including TRV control capacitors and resistors.

Alternatively, when the test is intended to cover 60 Hz by 50 Hz switching tests (Table 7), it is permissible to perform tests with the specified recovery voltage (Table 11, row TD_{lc} , TD_{cc2} , TD_{sb2} , TD_{bb2}). The impedance of the supply circuit shall not be so low that its prospective short-circuit current exceeds the rated short-time withstand current of the switch.

Non-inductive resistors R having a resistance not exceeding 5 % of the capacitive impedance may be inserted in series with the capacitors.

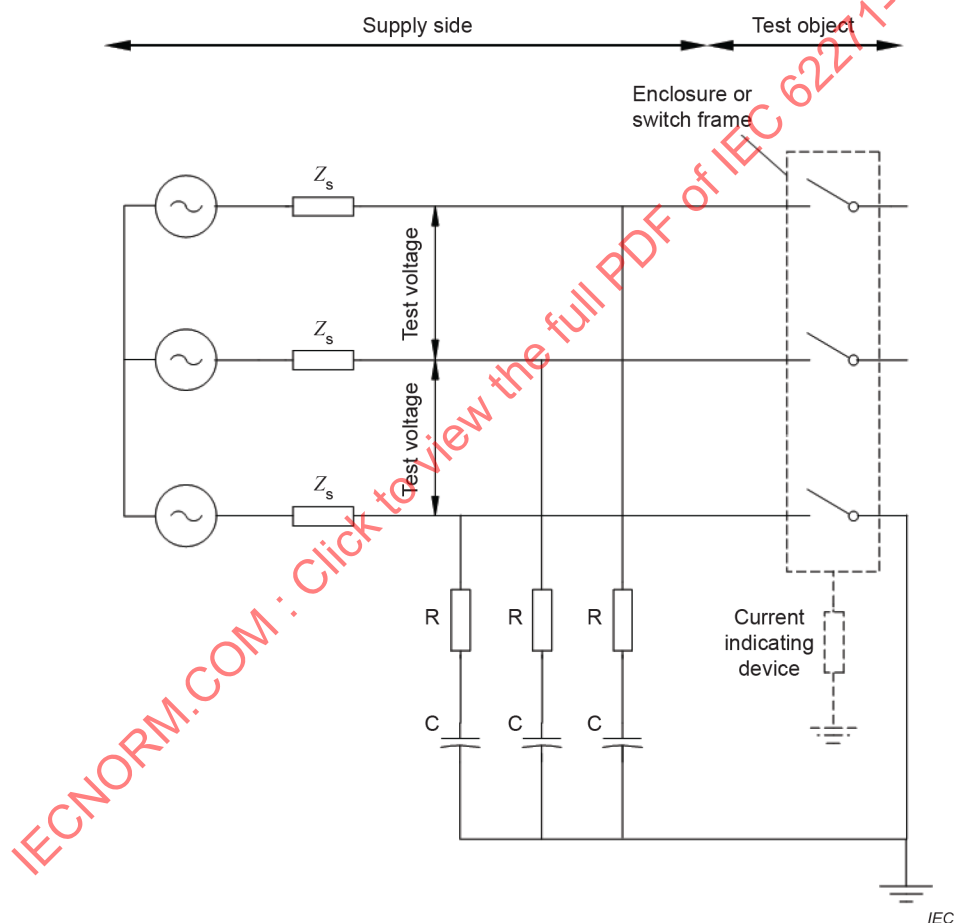


Figure 8 – Three-phase test circuit for earth fault breaking current tests, for test duty TD_{ef1}

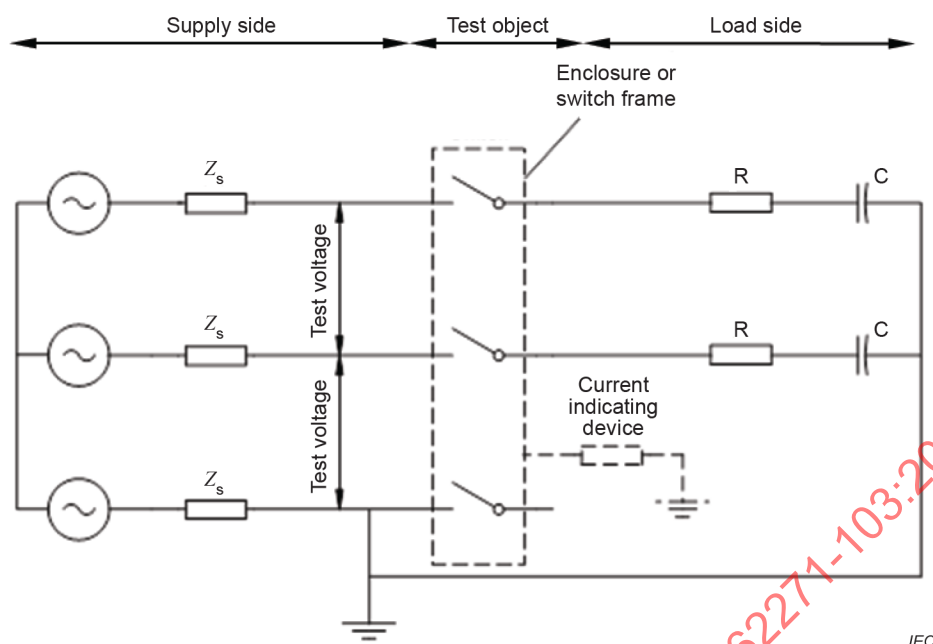


Figure 9 – Three-phase test circuit for cable-charging breaking current tests under earth fault conditions, for test duty TD_{ef2}

7.101.7.5 Test circuits for short-circuit making tests (test duty TD_{ma})

The test circuit for three-phase tests shall be as shown in Figure 10. Single-phase tests on three-pole switches operated pole-after-pole, or single-pole switches applied on three-phase systems may use a single-phase test circuit as shown in Figure 11.

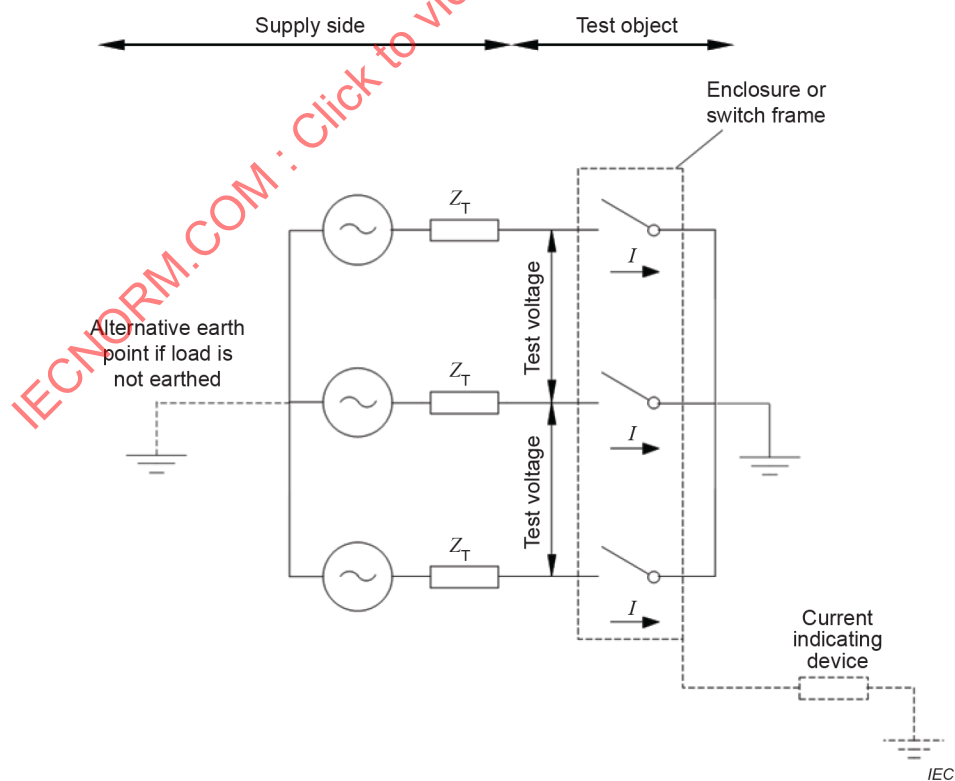


Figure 10 – Three-phase test circuit for short-circuit making current test for test duty TD_{ma}

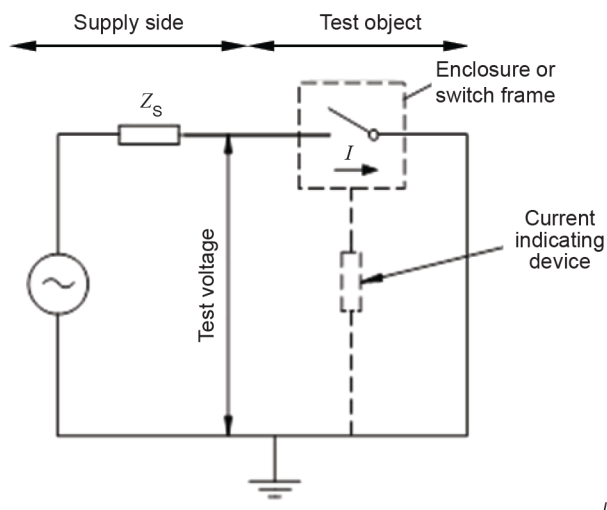


Figure 11 – Single-phase test circuit for short-circuit making current test for test duty TD_{ma}

7.101.7.6 Motor circuits (test duty TD_{mot})

Subclause 4.3 of IEC 62271-110:2017 is applicable.

7.101.8 Behaviour of switch during breaking tests

The switch shall perform successfully without evidence of mechanical or electrical distress.

There shall be no flame or material ejected from the switch, that may be harmful to operating personnel.

There shall be no outward emission of flame or metallic particles from the switch during operation such as might impair the insulation level of the switch.

Current interruption in all poles shall be achieved no later than five cycles after last pole contact separation. The resumption of current (power frequency or capacitive inrush current) later than five cycles after last pole contact separation is regarded as a failure.

Restrikes after the first current interruption on each phase, with a total accumulated duration of more than one and half cycles per phase is regarded as a failure.

For class C2 switches, if one restrike occurs along one specific test duty of capacitive switching, the number of operations as indicated in Table 3 to Table 6, shall be doubled for this test duty. The additional operations shall be performed on the same switch and without any maintenance or reconditioning in-between. The requirements for class C2 are still fulfilled, if no further restrike occurs during this specific test duty. A re-ignition followed by interruption at a later current zero shall be treated as a breaking operation with long arcing time.

There shall be no significant leakage current to the earthed structure or screens, such as to endanger an operator or damage insulation materials. This may be verified by following the procedure specified in 7.101.4.

NSDDs 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. Therefore, their number is of no significance to interpreting the performance of the switch under test. They shall always be reported in the test report in order to differentiate them from restrikes.

7.101.9 Condition of switch after breaking tests and short-circuit making tests

After performing the specified breaking tests on one sample and after test duty TD_{ma} , the mechanical parts and insulating parts of the switch shall be in practically the same condition as before the tests. The switch shall carry its rated continuous current without its temperature rise exceeding the values specified in Table 14 of IEC 62271-1:2017.

To verify the above requirements, the switch shall meet the following conditions:

After making and breaking tests, no-load operations shall be made. The mechanical characteristics of the switch shall be within the tolerances given in 7.102.1.1.

After the specified tests, a condition check test in accordance with 7.2.12 of IEC 62271-1:2017 shall be done.

After each short-circuit making operation (test duty TD_{ma}) the switch shall open at the first attempt.

The intended capability of the switch to carry its rated continuous current shall be done in accordance with 7.103.

In addition, for silver, nickel or tin coated main contacts in oxidizing gases, the quality of the coating of the main contact zones shall be checked by visual inspection. See 7.5.6.2 of IEC 62271-1:2017.

7.101.10 Type-test reports

7.101.10.1 Information and results to be recorded

All relevant information and results of type tests shall be included in the type-test report. Typical oscillographic records shall be made of all tests and included in the type-test report.

It is necessary to record in the document the test results of all tests made. However, it is permissible to reproduce in the report only the first and last oscillogram of each duty at a specific test current. Any records showing re-ignitions, restrikes or other unusual characteristics shall be included in the report. The testing laboratory shall retain all the recorded oscillograms and test results.

Test duty TD_{load2} for Class E3 switches requires 100 operations to be undertaken. The values for each test shall be observed by suitable means in order to ensure that the switch performs satisfactorily. All test parameters measured for each operation shall be included in the test report. For the convenience of testing, it shall be permissible to take permanent recordings at regular intervals approximating to every tenth operation. At least the first and the last of these recordings shall be included in the report. All the recorded oscillograms and test results of this test duty shall be retained by the testing laboratory or the manufacturer.

The type-test report shall include a statement of the performance of the switch during each test-duty and of the condition of the switch after each test-duty, in so far as an examination is made, and at the end of the series of test-duties. The statement shall include the following particulars:

- a) condition of the switch, giving details of any replacements or adjustments made and condition of contacts, arc control devices, oil (including any quantity lost), statement of any damage to arc shields, enclosures, insulators and bushings;
- b) description of performance during test-duty, including observations regarding emission of oil, gas or flame.

7.101.10.2 Information to be included in type-test reports

7.101.10.2.1 General

Subclause 7.1.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Test conditions (for each series of tests)

- a) number of poles;
- b) power factor;
- c) frequency, in Hz;
- d) generator neutral (earthed or isolated);
- e) transformer neutral (earthed or isolated);
- f) short-circuit point or load side neutral (earthed or isolated);
- g) diagram of test circuit including connection(s) to earth;
- h) details of connection of switch to the test circuit (e.g. orientation);
- i) pressure of fluid for insulation and/or switching;
- j) pressure of fluid for operation.

7.101.10.2.2 Short-time withstand current test

- a) current
 - 1) RMS value, in kA,
 - 2) peak value, in kA;
- b) duration, in s;
- c) behaviour of switch during tests;
- d) condition after tests;
- e) resistance of the main circuit before and after tests, in $\mu\Omega$.

7.101.10.2.3 Making and breaking tests

- a) applied voltage, in kV;
- b) making current (peak value), in kA; (in the case of short-circuit making tests);
- c) breaking current RMS value of AC component in A for each phase and average;
- d) power frequency recovery voltage, in kV;
- e) prospective transient recovery voltage, in kV;
- f) arcing time, in ms;
- g) opening time, in ms (if applicable);
- h) break time, in ms (if applicable);
- i) make time, in ms (if applicable);
- j) behaviour of switch during tests, including, where applicable, emission of flame, gas, oil or occurrence of NSDDs, etc;
- k) condition after tests;
- l) parts renewed or reconditioned during the tests.

7.101.10.2.4 Capacitive current switching tests

- a) test voltage, in kV;
- b) breaking current in each phase, in A;
- c) peak values of the voltage between phase and earth, in kV after interruption
 - 1) supply side of the switch,

- 2) load side of the switch;
- d) number of restrikes (if any);
- e) opening time, in ms (if applicable);
- f) break time, in ms (if applicable);
- g) make time, in ms (if applicable);
- h) behaviour of switch during tests;
- i) condition after tests.

7.102 Mechanical and environmental tests

7.102.1 Miscellaneous provisions for mechanical and environmental tests

7.102.1.1 Mechanical characteristics

At the beginning of the type tests, the mechanical characteristics of the switch shall be established, for example, by recording no-load travel curves.

The mechanical characteristics shall be produced during a no-load test made with one single C operation and one single O operation and, if applicable, at rated supply voltage of operating devices and of auxiliary and control circuits, rated functional pressure for operation and, at the rated functional pressure for interruption.

The opening and the closing characteristics recorded in the reference no-load test shall be used as reference closing and reference opening characteristics. The allowable deviations from these reference characteristics correspond to the tolerances given by the manufacturer when performed under the same conditions as used for the procedure to produce the reference mechanical characteristics.

7.102.1.2 Arrangement of the switch for tests

The switch should be mounted on its own support and its operating mechanism shall be operated in the specified manner.

Unless otherwise specified, the tests may be made at any convenient ambient air temperature.

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

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

At the beginning of each test, the switch shall be at its rated functional pressure for interruption, if applicable.

A switch design may be fitted with several variants of auxiliary equipment (shunt releases and motors) in order to accommodate the various rated control voltages and frequencies as stated in 5.9 and 5.10. These variants do not need to be tested if they are of similar designs and if the resulting no-load mechanical characteristics are within the tolerance given in 7.102.1.1.

7.102.1.3 Evaluation of the operating characteristics before and after mechanical and environmental tests

For evaluation of the operating characteristics, the following operations shall be performed:

- five close-open operating cycles at the rated supply voltage and/or pressure (if any);
- five close-open operating cycles at the minimum supply voltage and/or pressure (if any);
- five close-open operating cycles at the maximum supply voltage and/or pressure (if any);
- five close-open manual operations if the switch can only be operated manually or, if a power-operated switch also allows manual operation.

The operating characteristics shall be recorded, if applicable, such as operating times, consumption of the control circuit, maximum forces for manual operation; satisfactory operation of control and auxiliary contacts, and position-indicating devices (if any) shall be verified. It is not necessary to include all the oscillograms recorded in the type-test report.

7.102.1.4 Condition of switch during and after mechanical operation tests

The switch shall be in such a condition that it is capable of operating normally, making, carrying and breaking its rated continuous current.

Satisfactory operation of operating devices, of control and auxiliary contacts, and of position-indicating devices (if any), shall be verified during the test.

For switches having gas as a switching and/or insulating medium, a tightness test shall be performed after the mechanical operation test.

Some maintenance operations in accordance with the manufacturer's instructions are permissible during the mechanical endurance tests for class M1 and class M2 switches and, shall be recorded:

- lubrication is permissible during the test;
- some mechanical adjustments are allowed after each set of 1 000 CO operations, but change of contacts is not permitted.

Before the visual inspection, a voltage test as condition check in accordance with 7.2.12 of IEC 62271-1:2017 shall be done.

The requirement of being capable of carrying its rated continuous current is considered met if visual inspection of the main contacts shows evidence of their good condition, or if impracticable or unsatisfactory, the procedure of 7.103 shall be followed.

In the case of a switch using a vacuum interrupter, integrity of the vacuum shall be verified in accordance with 7.103.2.

7.102.2 Mechanical operation test at ambient air temperature

7.102.2.1 Mechanical endurance test for class M1 switches

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

A switch having a power-operating device shall be subjected to the following tests:

- 900 operating cycles at rated supply voltage and/or rated pressure of compressed gas supply;
- 50 operating cycles at the specified minimum supply voltage and/or minimum pressure of compressed gas supply;

- 50 operating cycles at the specified maximum supply voltage and/or maximum pressure of compressed gas supply.

The operating cycles may be performed in any convenient order.

A manually operated switch shall be subjected to the following test: 1 000 operating cycles using a range of operating forces typical of that to be expected in service.

No specific time intervals between operating cycles or between closing and opening operations are required. These tests shall be made, however, at a rate such that the temperature rises of the energized electrical control components do not exceed the specified values. External cooling may be applied during the test.

The control and auxiliary contacts and position-signalling devices (if any) shall meet the following requirements:

- Before and after the test, the requirements expressed in 6.105.3 of this document and 6.4 of IEC 62271-1:2017 shall be met.
- During the test, they shall operate, at any of the close-open operating cycles. For this purpose, it is sufficient to supervise a representative choice of auxiliary contacts.

7.102.2.2 Mechanical endurance tests for class M2 switches

Mechanical endurance tests shall be carried out as follows:

The tests shall be made in accordance with 7.102.2.1 with the following addition: 5 000 operating cycles shall be performed comprising five times the number of operating cycles specified in 7.102.2.1.

The programme of maintenance during the tests shall be defined by the manufacturer before the test and recorded in the test report.

7.102.3 Low and high temperature tests

7.102.3.1 General

If the minimum ambient air temperature of indoor and outdoor switches is lower than $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, a low temperature test is required. If the maximum ambient air temperature of indoor and outdoor switches is greater than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, a high temperature test is required. The two tests need not be performed in succession, and the order in which they are made is arbitrary.

For single enclosure switches or multi-enclosure switches with a common operating device, three-pole tests shall be made.

If heat sources are required, they shall be in operation.

No maintenance, replacement of parts, lubrication or readjustment of the switch is permissible during the tests.

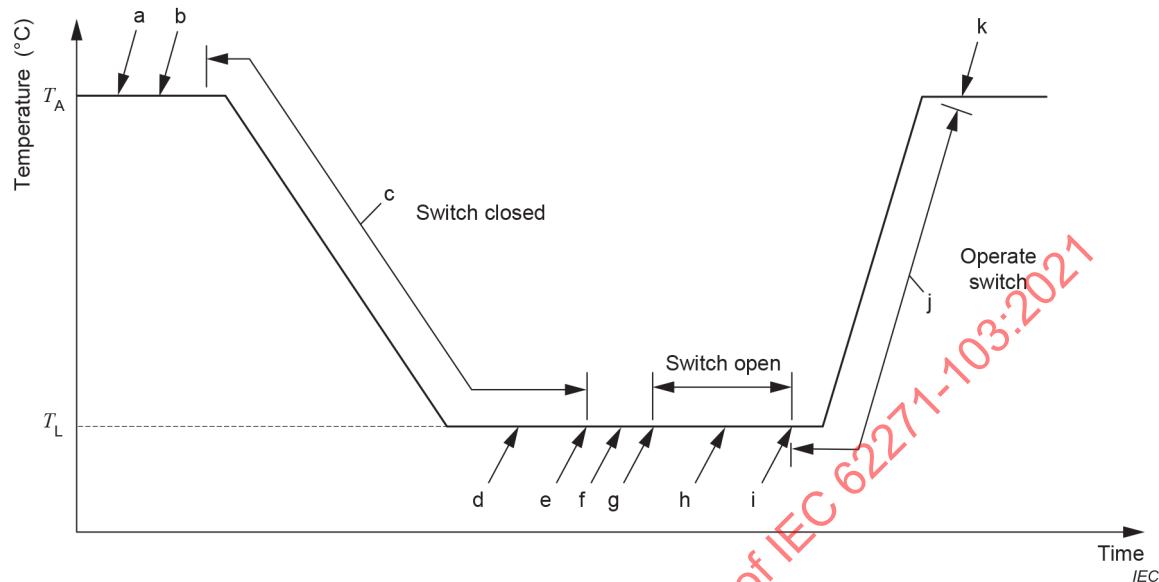
7.102.3.2 Measurement of ambient air temperature

The ambient air temperature of the immediate test environment shall be measured at half the height of the switch and at a distance of 1 m from the switch.

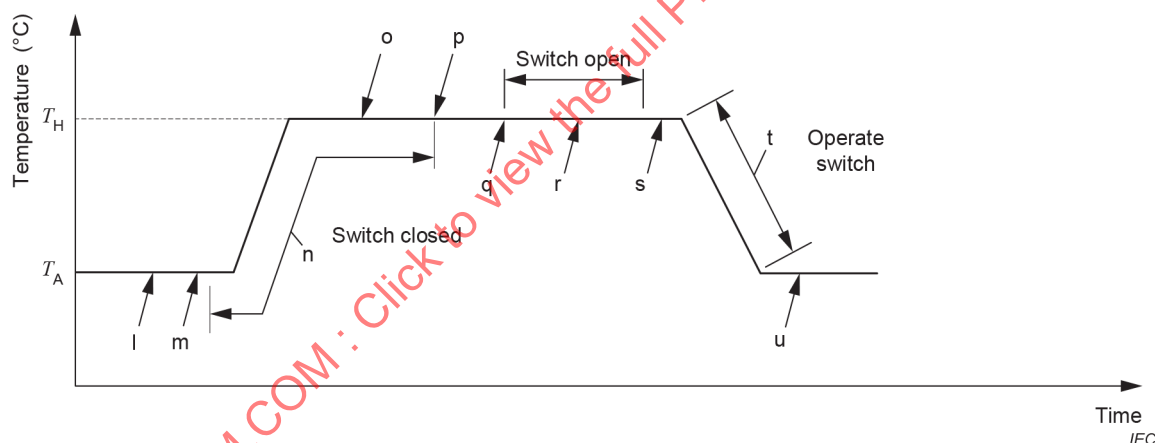
The maximum temperature deviation over the height of the switch shall not exceed 5 K.

7.102.3.3 Low temperature test

The diagram of the test sequences and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 12a).



a) Low temperature test



b) High temperature test

NOTE Letters "a" to "u" identify application points of tests specified in 7.102.3.3 and 7.102.3.4

Figure 12 – Test sequences for low and high temperature tests

If the low temperature test is performed immediately after the high temperature test, the low temperature test can proceed after completion of item u) of the high temperature test (7.102.3.4). In this case items a) and b) below are omitted.

- a) The test switch shall be prepared and adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- b) Characteristics and settings of the switch shall be recorded in accordance with 7.102.1.3 and at an ambient air temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed in accordance with 7.8.

- c) With the switch in the closed position, the air temperature shall be decreased to the appropriate, minimum ambient air temperature (T_L), according to the minimum ambient temperature specified as given in 4.1.2, 4.1.3 and 4.2.4 of IEC 62271-1:2017. The switch shall be kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_L .
- d) During the 24 h period with the switch in the closed position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate should not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 15 of IEC 62271-1:2017. However, it is technically hardly possible to do an accumulation test at low temperature for, for example, switches filled with SF₆ pressure slightly higher than atmospheric pressure, since accumulation times might be far longer than 24 h. A tightness test at low temperature may easily lead to questionable and irreproducible results. Under these conditions only sniffing for SF₆ is possible, provided the detectors are suitable for these temperatures. Although the test provides numerical results, these can only indicate the presence of local leaks, if any, which cannot be considered as representative of the cumulative leakage rate. If a leakage is detected by the sniffing, then the test has failed.
- e) After 24 h at temperature T_L , the switch shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable. The opening and the closing characteristics shall be recorded to establish low temperature operating characteristics.
- f) The low temperature behaviour of the switch shall be verified by disconnecting the supply of all heating devices, including also the anti-condensation heating elements, for a duration t_x . At the end of the interval t_x , an opening order, at rated values of supply voltage and operating pressure, shall be given, if applicable.
- The switch shall then open. The opening characteristics shall be recorded to allow assessment of the interrupting capability.
- The manufacturer shall state the value of t_x (not less than 2 h) up to which the switch is still operable without auxiliary power to the heaters. In the absence of such a statement, the preferred value shall be equal to 2 h.
- g) The switch shall be left in the open position for 24 h.
- h) During the 24 h period with the switch in the open position at temperature T_L , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 15 of IEC 62271-1:2017. However, it is technically hardly possible to do an accumulation test at low temperature for, for example, switches filled with SF₆ pressure slightly higher than atmospheric pressure, since accumulation times might be far longer than 24 h. A tightness test at low temperature may easily lead to questionable and irreproducible results. Under these conditions only sniffing for SF₆ is possible, provided the detectors are suitable for these temperatures. Although the test provides numerical results, these can only indicate the presence of local leaks, if any, which cannot be considered as representative of the cumulative leakage rate. If a leakage is detected by the sniffing, then the test has failed.
- i) At the end of the 24 h period, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable, with the switch at temperature T_L . The first closing and opening operation shall be recorded to establish low temperature operating characteristics. The minimum time interval between operations shall be specified by the manufacturer.

- j) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be increased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour. During the temperature transition period, the switch shall be subjected to the operating sequences C-O-C and O-C-O at rated values of supply voltage and operating pressure. Both operating sequences should be made at 30 min intervals so that the switch will be in open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.
- k) After the switch has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the switch settings, operating characteristics and tightness as in items a) and b) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete low temperature test sequence from item b) to item j) shall not be such that minimum pressure for insulation and/or for switching (if any) is reached.

7.102.3.4 High-temperature test

The diagram of the test sequence and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 12b).

If the high temperature test is performed immediately after the low temperature test, the high temperature test can proceed after completion of item j) of the low temperature test (7.102.3.3). In this case, items l) and m) below are omitted.

- l) The test switch shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- m) Characteristics and settings of the switch shall be recorded in accordance with 7.102.1.3 and at an ambient air temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test (if applicable) shall be performed in accordance with 7.8.
- n) With the switch in the closed position, the air temperature shall be increased to the appropriate, maximum ambient air temperature (T_H), according to the upper limit of ambient air temperature as given in 4.1.2, 4.1.3 and 4.2.4 of IEC 62271-1:2017. The switch shall be kept in the closed position for 24 h after the ambient air temperature stabilizes at T_H .

NOTE The influence of solar radiation is not considered.

- o) During the 24 h period with the switch in the closed position at temperature T_H , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate shall not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 15 of IEC 62271-1:2017. However, it is technically hardly possible to do an accumulation test at high temperature for, for example, switches filled with SF_6 pressure slightly higher than atmospheric pressure, since accumulation times might be far longer than 24 h. A tightness test at high temperature may easily lead to questionable and irreproducible results. Under these conditions only sniffing for SF_6 is possible, provided the detectors are suitable for these temperatures. Although the test provides numerical results, these can only indicate the presence of local leaks, if any, which cannot be considered as representative of the cumulative leakage rate. If a leakage is detected by the sniffing, then the test has failed.
- p) After 24 h at temperature T_H , the switch shall be opened and closed at rated values of supply voltage and operating pressure. The opening and the closing characteristics shall be recorded to establish high temperature operating characteristics.
- q) The switch shall be opened and left open for 24 h at temperature T_H .

- r) During the 24 h period with the switch in the open position at temperature T_H , a tightness test shall be performed (if applicable). An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the switch is restored to the ambient air temperature T_A and is thermally stable. The increased temporary leakage rate should not exceed the permissible temporary leakage rate of Table 15 of IEC 62271-1:2017. However, it is technically hardly possible to do an accumulation test at high temperature for, for example, switches filled with SF_6 pressure slightly higher than atmospheric pressure, since accumulation times might be far longer than 24 h. A tightness test at high temperature may easily lead to questionable and irreproducible results. Under these conditions only sniffing for SF_6 is possible, provided the detectors are suitable for these temperatures. Although the test provides numerical results, these can only indicate the presence of local leaks, if any, which cannot be considered as representative of the cumulative leakage rate. If a leakage is detected by the sniffing, then the test has failed.
- s) At the end of the 24 h period, 50 closing and 50 opening operations shall be made at rated values of supply voltage and operating pressure with the switch at temperature T_H . The first closing and opening operation shall be recorded to establish high temperature operating characteristics. The minimum time interval between operations shall be specified by the manufacturer.
- t) After completing the 50 opening and 50 closing operations, the air temperature shall be decreased to ambient air temperature T_A , at a rate of change of approximately 10 K per hour. During the temperature transition period the switch shall be subjected to the operating sequences C-O-C and O-C-O at rated values of supply voltage and operating pressure. Both operating sequences should be made at 30 min intervals so that the switch will be in open and closed positions for 30 min periods between the operating sequences.
- u) After the switch has stabilized thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the switch settings, operating characteristics and tightness as in items l) and m) for comparison with the initial characteristics.

The accumulated leakage during the complete high temperature test sequence from item l) to item t) shall not be such that minimum pressure for insulation and/or for switching (if any) is reached.

7.102.4 Humidity test on auxiliary and control circuits

7.102.4.1 General

The humidity test does not apply to equipment which is designed to be directly exposed to precipitation, for example primary parts of outdoor switches. The test shall be performed on switches or switch components, where, due to sudden changes of the temperature, condensation may occur on insulating surfaces which are continuously stressed by voltage. This is mainly the insulation of the auxiliary and control circuits of indoor installed switches. The test is not necessary if the switch is used within a switchgear for which tests on auxiliary and control circuits include environmental tests. It is also not necessary where effective means against condensation are provided, for example control cubicles with anti-condensation heaters.

Applying the test procedure described in 7.102.4.2, the withstand of the test object, primarily switch components, to humidity effects, which may produce condensation on the surface of the test object, is determined in an accelerated manner.

7.102.4.2 Test procedure

The test object shall be arranged in a test chamber containing circulating air and in which the temperature and humidity shall follow the cycle given below:

During about half of the cycle the surfaces of the test object shall be wet, and dry during the other half. To obtain this result the test cycle consists of a period t_4 with low air temperature ($T_{\min} = 25 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) and a period t_2 with high air temperature ($T_{\max} = 40 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$) inside the test chamber. Both periods shall be equal in time. The generation of fog shall be maintained for that half of the cycle (see Figure 13) in which the low air temperature is applied.

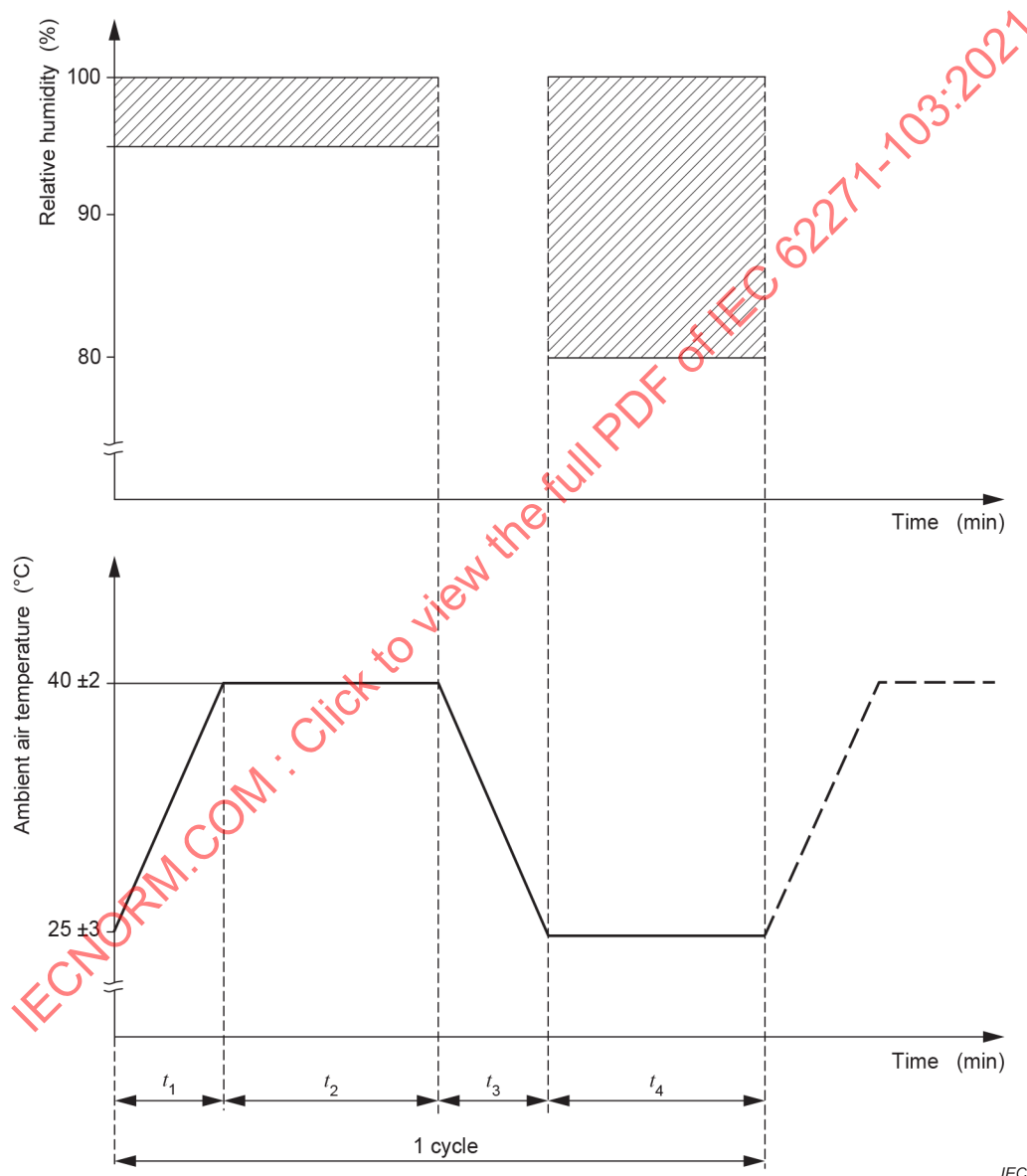


Figure 13 – Humidity test

The beginning of fog generation coincides in principle with the beginning of the low air temperature period. However, to wet the vertical surfaces of materials with a high thermal time constant, it may be necessary to start the fog generation later within the low air temperature period.

The duration of the test cycle depends on the thermal characteristics of the test objects, and shall be sufficiently long, both at high and low temperature, to cause wetting and drying of all insulation surfaces. In order to obtain these conditions, steam should be injected directly into the test chamber or heated water should be atomized; the rise from 25 °C to 40 °C may be obtained with the provision of heat coming from the steam or atomized water or, if necessary, by additional heaters. Preliminary cycles shall be carried out with the test object placed in the test chamber in order to observe and to check these conditions.

NOTE For low-voltage components of high-voltage switches, usually having time constants smaller than 10 min, the duration of the time intervals given in Figure 13 are: $t_1 = 10$ min, $t_2 = 20$ min, $t_3 = 10$ min and $t_4 = 20$ min.

The fog is obtained by the continuous or periodical atomization of 0,2 l to 0,4 l of water (with the resistivity characteristics given below) per hour and per cubic metre of test chamber volume. The diameter of the droplets shall be less than 10 µm; such a fog may be obtained by mechanical atomizers. The direction of the spraying shall be such that the surfaces of the test object are not directly sprayed. No water shall drop from the ceiling upon the test object.

During the fog generation the test chamber shall be closed and no additional forced air circulation is permitted.

The water used to create the humidity shall be such that the water collected in the test chamber has a resistivity equal to or greater than 100 Ωm and contains neither salt (NaCl) nor any corrosive element.

The temperature and the relative humidity of the air in the test chamber shall be measured in the immediate vicinity of the test object and shall be recorded for the whole duration of the test. No value of relative humidity is specified during the drop in temperature; however, the humidity shall be above 80 % during the period when the temperature is maintained at 25 °C.

The air shall be circulated in order to obtain uniform distribution of the humidity in the test chamber.

The number of cycles shall be 350.

During and after the test, the operating characteristics of the test objects shall not be affected. The auxiliary and control circuits shall withstand a power frequency voltage of 1 500 V for 1 min. The degree of corrosion, if any, should be indicated in the test report.

7.102.5 Operation under severe ice conditions

If the manufacturer claims the suitability of the switch for operation under severe ice conditions (i.e. 10 mm ice coating and above), tests shall be performed in accordance with 7.103 of IEC 62271-102:2018.

7.102.6 Tests to verify the proper functioning of the position-indicating device

7.102.6.1 Switch-disconnectors

Subclause 7.105 of IEC 62271-102:2018 is applicable with the following addition:

The position-indicating device is specified in 6.104 of IEC 62271-102:2018, and shall be verified as defined for disconnectors with the following addition:

For certain types of driving mechanism, it is possible to pass the dead point of the mechanism before reaching the required double normal force. In this case, the double normal force is reached once the driving mechanism arrives to an intermediate position. The attempt finishes once the double normal force is reached and then the driving mechanism is moved back to the original position.

7.102.6.2 Switches different from switch-disconnectors

For switches that are different from switch-disconnectors, which do not have any isolating capability, the position-indicating device shall be verified as follows.

Besides the mechanical type tests specified in Clause 7, during which the correct functioning of the indicating device shall be verified, the equipment shall pass the following test in order to verify both the sufficient strength of the power kinematic chain and the reliability of the position-indicating kinematic chain.

- a) Five attempts to open the switch shall be performed after blocking in closed position (with suitable means) the farthest moving contact of the switch measured from the point of transmission of the energy from the driving mechanism. No measurement of forces/torques is required during these attempts.

The five attempts shall be performed with its own driving mechanism for each one of the different manners of being operated, i.e. at normal forces (if manually operated up to 250 N) and at rated voltage or pressure (if power operated or if release operated).

- b) When the position-indicating device is marked directly on a mechanical part of the power kinematic chain no more testing is required.

If, during service operations, the part of the position-indicating kinematic chain between the power kinematic chain and the position-indicating device is inside an enclosure providing a minimum degree of protection equivalent to IP2XC of IEC 60529 as defined in Clause 4 of IEC 60529:1989 and IEC 60529:1989/AMD2:2013, and which has passed a mechanical impact test in accordance with 7.7.2 of IEC 62271-1:2017 with an energy of 2 J, no supplementary tests are required. The blows shall be applied to the points of the enclosure that are likely to be the weakest in relation to the protection of the indicating kinematic chain and the indicating device.

In all other cases, a test for each operating manner shall be carried out blocking the position-indicating device instead of the moving contact, and applying normal forces (if manually operated up to 250 N) and at rated voltage or pressure (if power operated or if release operated).

Each test is passed if

- after each attempt the three moving contacts remain in close position and the position-indicating device indicates correctly the position of the moving contacts;
- there is no permanent distortion on the position-indicating kinematic chain. This can be assessed by removing the blocking point after the test and verifying the right position of the position indicator after one close-open operation.

7.103 Common checks after tests

7.103.1 Checking the capability of the switch to carry its rated continuous current

The intended capability of the switch to carry its rated continuous current is demonstrated by the following resistance measurement performed in accordance with the procedure of 7.4.4.1 of IEC 62271-1:2017:

- a) if switch contacts are freely accessible or can be made accessible, the resistance measured, across the main contacts of the switch, shall not exhibit an increase of more than 100 % compared with the resistance before the test. The resistance values before the test can be given by the manufacturer prior to the tests;
- b) if switch contacts are non-accessible without dismantling the switchgear, the resistance measured, as close as possible to the main contacts, shall not exhibit an increase of more than 20 % compared with the resistance measured before the test. If cables or conductors not being part of the switchgear are included in the resistance measurement their resistance value shall be subtracted;

or if the condition of b) is not satisfied

- c) a test under rated continuous current demonstrates that no thermal runaway occurs, by monitoring the temperature at the points where resistance measurements were made until stabilization (variation less than 1 K per hour), and that the limits of temperature and temperature rise given in Table 14 of IEC 62271-1:2017 are not exceeded. During this test, no other temperature measurement is made inside of the switching device. If the stabilization cannot be obtained, or the temperature and temperature rise are exceeding the limits, then the condition check shall have failed, and the switch is considered to have failed the test duty as well.

7.103.2 Checking the integrity of vacuum in case of a switch using a vacuum interrupter

7.103.2.1 General

In case of a switch using a vacuum interrupter, integrity of the vacuum shall be verified by the voltage check procedure described in 7.103.2.2. However, if the vacuum interrupters are placed in an insulating fluid with different characteristics and other than air at atmospheric pressure, that also might withstand the test voltages when replacing the original arc extinguishing medium (for example a vacuum interrupter in an enclosure filled with SF₆), the power frequency voltage test alone may not be adequate to verify the integrity. In this case one of the procedures described in 7.103.2.3, 7.103.2.4, 7.103.2.5 without preference, shall also be performed.

7.103.2.2 Voltage check

A power frequency voltage test across the vacuum interrupter at 80 % of the rated short-duration power-frequency withstand voltage of the vacuum interrupter.

7.103.2.3 Breaking capacity check

One opening operation according to the TD_{load2} test shall be performed as follows:

- either a three-phase test where both the source side neutral and the load side neutral points are earthed;
- or a single-phase test repeated on each pole.

A successful interruption in each pole is evidence that the interrupter integrity is maintained.

7.103.2.4 Mechanical tightness check

A verification of the opening force of the vacuum interrupter alone. This may require dismantling. A reduction of the opening force is accepted; however, the opening force shall be at least 50 % of the (specified) opening force of a new identical vacuum interrupter.

NOTE 50 % reduced force is considered low enough to identify if vacuum has been partially or totally replaced by the surrounding insulating fluid. After a damage or puncture during type tests on the tight enclosure of a vacuum interrupter, the pressure inside equalizes very quickly with the surrounding pressure.

7.103.2.5 Magnetic field induction check

A vacuum check of the vacuum interrupter by magnetic field induction and voltage application between open contacts shall be within the limits given by the manufacturer.

8 Routine tests

8.101 General

Clause 8 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

8.102 Mechanical operating tests

Operating tests are made to ensure that switches comply with the performance required within the specified limits.

During these tests, which are performed without voltage or current in the main circuit, it shall be verified, in particular, that the switches open and close correctly when their operating devices are energized or under pressure. It shall also be verified that operation will not cause any damage to the switches.

The arrangement of the switch shall comply with specifications for the mechanical operation type tests, refer to 7.102.1.2.

A switch having a power-operating device shall be subjected to the following tests:

- at specified maximum supply voltage and/or maximum pressure of compressed gas supply: five operating cycles;
- at specified minimum supply voltage and/or minimum pressure of compressed gas supply: five operating cycles;
- if a switch can be manually operated besides its normal electric or pneumatic operating device: five manual operating cycles.

A manually operated switch shall be subjected to the following test: 10 operating cycles.

During these tests, no adjustment shall be made and the operation shall be faultless. It shall be verified that the position indication is operating correctly when the switches open and close.

9 Guide to the selection of switchgear and controlgear (informative)

9.101 General

This guide presents suggestions on application as an aid to obtaining satisfactory performance of high-voltage switches rated up to and including 52 kV.

It is offered in recognition of the continuing need for general guidelines to supplement, but not replace, the manufacturer's detailed instructions.

Refer to 4.1 of IEC 62271-1:2017 for normal service condition requirements.

9.102 Conditions affecting application

Where unusual conditions exist, they should be brought to the attention of the manufacturer for his recommendations. Examples of such conditions are:

- a) contamination such as damaging fumes or vapour, excessive or abrasive dust, explosive mixtures of dust or gases, salt spray, excessive moisture or dripping water;
- b) abnormal vibration, shocks, tilting, or seismic activity;
- c) excessively high or low ambient temperatures;
- d) unusual transportation or storage conditions;
- e) unusual space limitations;

- f) mounting positions other than those recommended by the manufacturer;
- g) high altitude;
- h) wind velocity in excess of normal service conditions;
- i) unusual operating duty, frequency of operation, difficulty of maintenance, unbalanced voltages, special insulation requirements, etc.;
- j) use at other than rated frequency, such as harmonics associated with capacitor banks, and rectifier circuits. The continuous current rating of the switch should be such as to adequately carry the power-frequency current and the harmonic currents.

Refer to 4.2 of IEC 62271-1:2017 for special service conditions.

9.103 Insulation coordination

The rated insulation level of a switch should be selected in accordance with 5.3 of IEC 62271-1:2017.

Refer to [8] for a general discussion and recommendations on insulation coordination.

9.104 Selection of class of switch

9.104.1 General purpose switch

Refer to 3.4.103, 3.6.102, 3.6.103, 5.115, 5.114 and 5.116 for purpose and application of classes E1, E2, E3, M1, M2, C1 and C2 general purpose switches.

9.104.2 Limited purpose switch

Refer to 3.4.104, 3.6.103, 5.113.3, 5.114 and 5.116 for definitions of the capabilities of a limited purpose switch and application of classes M1, M2, C1 and C2.

9.104.3 Special purpose switch

Refer to 3.4.105, 3.6.102, 3.6.103, 5.113.4, 5.115, 5.114 and 5.116 for definition of the capabilities and application of a special purpose switch and its classes E1, E2, E3, M1, M2, C1 and C2.

9.105 Tests for special applications

For special applications, tests may be defined on agreement between customer and manufacturer:

- tests to prove the ability of the switch to make or break currents that are specified by the user or are beyond the scope of the normal type tests;
- tests to verify that switches installed in systems where the cable is connected to the switch can withstand the DC test voltages normally applied for the dielectric testing of cables. The AC voltage on the supply side of the switch should be considered when determining test voltages.

10 Information to be given with inquiries, tenders and orders (informative)

10.1 General

Subclause 10.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

10.2 Information with inquiries and orders

Subclause 10.2 of IEC 62271-1:2017 is replaced as follows:

When inquiring for or ordering a switch, the following particulars should be supplied by the inquirer:

- a) particulars of system: i.e. nominal and highest voltages, frequency, number of phases, and details of neutral earthing. Unusual characteristics of the system in which the switch is to be applied should be noted (harmonic currents, resonance conditions, number of operations required);
- b) service conditions including minimum and maximum ambient air temperatures, if beyond the normal values; altitude, if over 1 000 m; and any special conditions likely to exist or arise, for example unusual exposure to steam or vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust, or salt air (see 4.1, 4.2 and 7.2.9 of IEC 62271-1:2017 and 9.102 of this document);
- c) characteristics of the switch
The following information should be given:
 - 1) number of poles;
 - 2) type and class of switch as defined in Clause 3;
 - 3) indoor or outdoor installation;
 - 4) rated voltage (5.2 of IEC 62271-1:2017);
 - 5) rated insulation level where a choice exists between different insulation levels corresponding to a given rated voltage or, if other than standard, desired insulation level (5.3 of IEC 62271-1:2017);
 - 6) rated frequency (5.4 of IEC 62271-1:2017);
 - 7) rated continuous current (5.5 of IEC 62271-1:2017);
 - 8) rated breaking currents;
 - 9) rated short-circuit making current;
 - 10) rated duration of short-circuit current (5.8 of IEC 62271-1:2017);
 - 11) the type tests required on special request;
- d) characteristics of the operating mechanism of switch and associated equipment, in particular:
 - 1) method of operation, whether manual or power;
 - 2) number and type of spare auxiliary switches;
 - 3) rated supply voltage and rated supply frequency;
- e) requirements concerning the use of compressed air and requirements for design and test of pressure vessels.

10.3 Information with tenders

Subclause 10.3 of IEC 62271-1:2017 is replaced as follows:

When the inquirer requests technical particulars of a switch, the following information, where applicable, should be given by the manufacturer, with any explanatory text and drawings:

- a) rated values and characteristics:
 - 1) number of poles,
 - 2) type and class of switch as defined in Clause 3 and Clause 5,
 - 3) indoor or outdoor application,
 - 4) rated voltage (5.2 of IEC 62271-1:2017),

- 5) rated insulation level (5.3 of IEC 62271-1:2017),
 - 6) rated frequency (5.4 of IEC 62271-1:2017),
 - 7) rated continuous current (5.5 of IEC 62271-1:2017),
 - 8) rated breaking currents as defined in Clause 3 and Clause 5, if applicable,
 - 9) rated short-circuit making current as defined in Clause 3 and Clause 5 if applicable,
 - 10) rated duration short-circuit current (5.8 of IEC 62271-1:2017);
- b) type tests
list of certificates or reports on request, including the special tests requested by the inquirer;
- c) constructional features:
- 1) mass of complete switch,
 - 2) gas pressure and limits of gas pressure within which the switch will operate correctly for air blast switches and gas switches (5.11 of IEC 62271-1:2017),
 - 3) minimum clearances in air:
 - between poles;
 - to earth.
- d) operating mechanism of switch and associated equipment:
- 1) type of operating mechanism,
 - 2) rated supply voltage of closing and opening devices (5.9 of IEC 62271-1:2017),
 - 3) rated supply frequency of auxiliary and control circuits (5.10 of IEC 62271-1:2017),
 - 4) rated pressure of compressed gas supply for operation,
 - 5) current required at rated supply voltage to close and open the switch,
 - 6) quantity of free air required to close and open the switch at rated supply pressure,
 - 7) rated supply voltage of shunt opening release,
 - 8) current required at rated supply voltage for shunt opening release,
 - 9) number and type of spare auxiliary switch contacts,
 - 10) current required at rated supply voltage by other auxiliaries,
- e) overall dimensions and other information.
The manufacturer should give the necessary information regarding overall dimensions of the switch and details necessary for installation. General information regarding maintenance should also be given.

11 Transport, storage, installation, operating instructions and maintenance

Clause 11 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additional information:

Instructions shall also include every other rated value that is not in the mandatory list of the nameplate defined in Table 2.

12 Safety

Clause 12 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

13 Influence of the product on the environment

Clause 13 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

Annex A (normative)

Tolerances on test quantities for type tests

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

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerance	Reference to
7.101	Making and breaking tests				
7.101.6.1	Test frequency	Test frequency	Rated frequency	±8 %	
7.101.6.2 7.101.6.4	Test voltage for switching tests	Test voltage	As specified in Table 3 to Table 6	+10 % 0 %	Table 3 to Table 6
		Test voltage between any two phases/average	1	±10 %	
7.101.6.3	Breaking current switching tests	DC component at instant of interruption		≤ 20 %	
		AC component of test current in any phase/average	1	±10 %	
7.101.7.1	Mainly active load switching tests	Power factor of supply circuit	≤ 0,2		
		Impedance of supply/total impedance	0,15	0,12 to 0,18	Figure 2a) and Figure 3
		Power factor of load	0,70	0,65 to 0,75	Figure 2a) and Figure 3
		Supply TRV peak voltage	u_c	+10 % 0 %	
		Supply TRV time coordinate	t_3	0 % -15 %	
		Mainly active load current TD_{load2}	I_{load}	+10 % 0 %	
		Mainly active load current TD_{load1}	$0,05 \times I_{load}$	+10 % -10 %	
7.101.7.2	Closed loop switching tests				
7.101.7.2.2	Distribution line switching tests (test duty TD_{loop})	Power factor	≤ 0,3		Figure 4
		Closed loop current	I_{loop}	+10 % 0 %	
7.101.7.2.3	Parallel power transformer switching tests (test duty TD_{pptr})	Power factor	≤ 0,2		Figure 4
		Parallel power transformer breaking current	I_{pptr}	+10 % 0 %	

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerance	Reference to
7.101.7.3	Capacitive current switching tests	Voltage decay of switched capacitors 300 ms after arc extinction		≤ 10 %	
		Cable-charging current TD_{cc2}	I_{cc}	+10 % 0 %	
		Cable-charging current TD_{cc1}	$0,1 \times I_{cc}$ to $0,4 \times I_{cc}$		
		Line-charging current	I_{lc}	+10 % 0 %	
		Single capacitor bank breaking current TD_{sb2}	I_{sb}	+10 % 0 %	
		Single capacitor bank breaking current TD_{sb1}	$0,1 \times I_{sb}$ to $0,4 \times I_{sb}$		
		Back-to-back capacitor bank breaking current TD_{bb2}	I_{bb}	+10 % 0 %	
		Back-to-back capacitor bank breaking current TD_{bb1}	$0,1 \times I_{bb}$ to $0,4 \times I_{bb}$		
		Back-to-back capacitor bank inrush making current		Tolerance on the prospective value: +10 % 0 %	
		Back-to-back current switching: frequency of inrush making current		±20 %	
7.101.7.4	Earth fault tests	Earth fault current	I_{ef1}	+10 % 0 %	
		Cable-and line-charging current under earth faults	I_{ef2}	+ 10 % 0 %	
7.101.6.4.4	Short-circuit making current	Short-circuit making current	I_{ma}	+5 % 0 %	
		Short-circuit current after 200 ms	I_{end}	≥ 80 %	

Annex B (informative)

Explanation of the determination for the value of I_{ef1} and I_{ef2}

B.1 Usage of rating I_{ef1} and I_{ef2}

B.1.1 General

The ratings I_{ef1} and I_{ef2} are needed when the switch is used on networks using non-effectively earthed neutral systems and when the network operator wants to operate under sustained earth fault conditions.

According to definition 3.1.102 there are three kinds of non-effectively earthed neutral systems:

- isolated neutral system,
- high impedance earthed neutral systems,
- resonant earthed neutral systems (Petersen coil).

In such neutral systems the current flowing to earth in the case of a fault is normally limited so that a switch might be used to open branches of the network.

B.1.2 Isolated neutral system

This system is generally used when continuity of service is the main driver for the network operator.

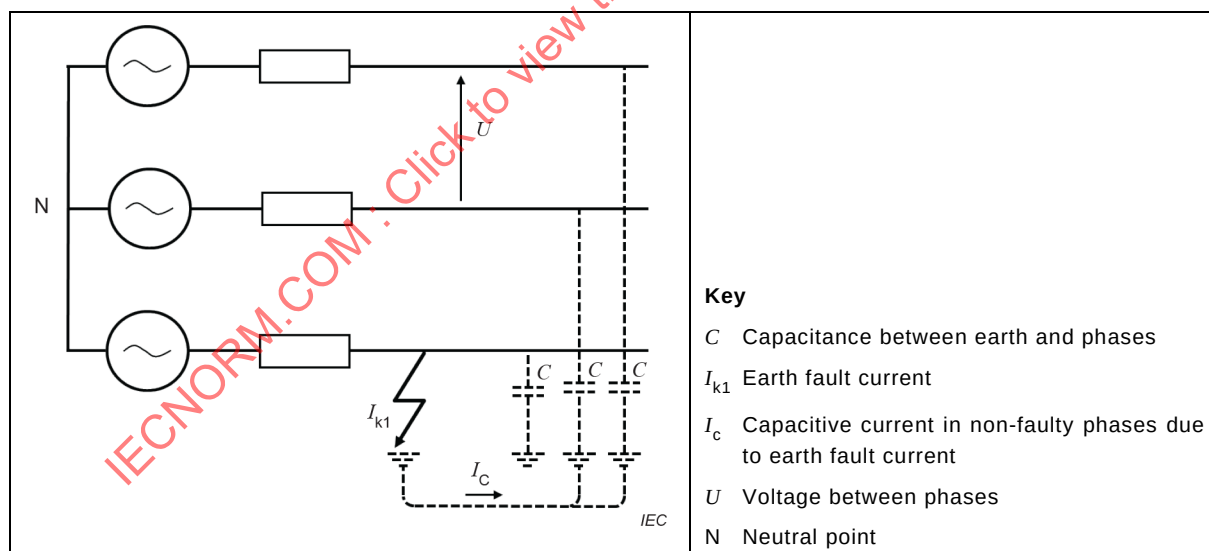


Figure B.1 – Earth fault in isolated neutral system

In such network the earth fault current (I_{k1}) is drastically limited and depends only on capacitance between earth and phase:

$$I_{k1} = 3C\omega U$$

where

I_{k1} , C and U are defined in Figure B.1.

ω is the angular frequency of the voltage.

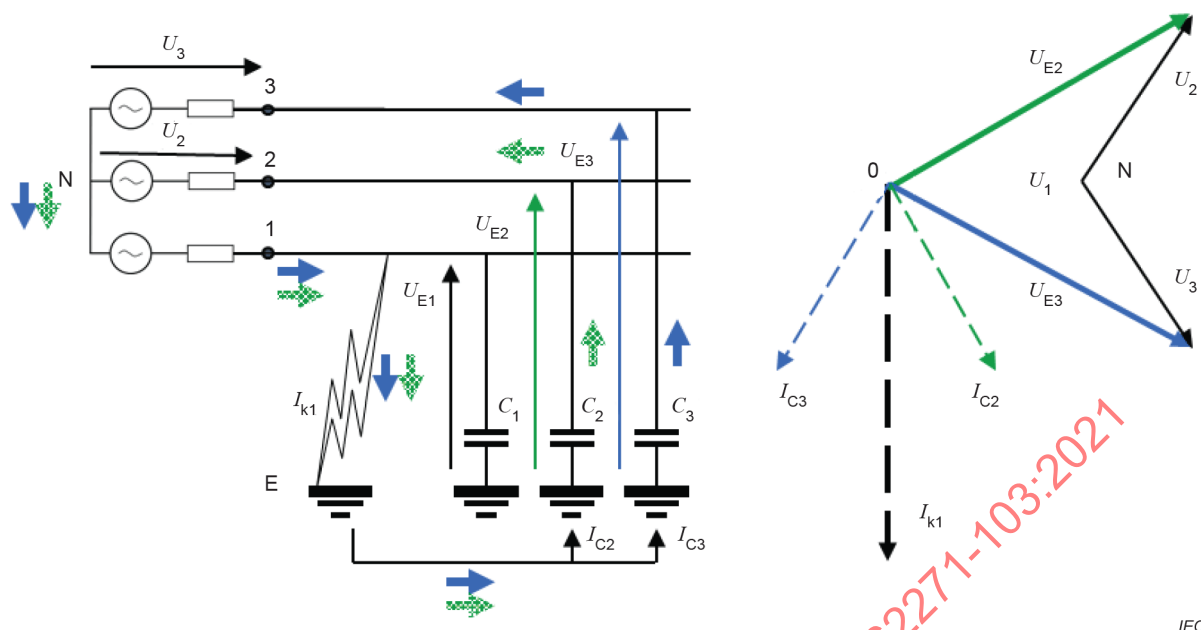
The main drawback of this neutral system is its high sensitivity to overvoltages or its ability to generate overvoltages. For large size networks, such as public distribution networks, the capacitance can be high. That is why, to limit the fault time, the great majority of such networks are switched off by line protection circuit-breakers when an earth fault occurs, thereby losing the basic advantage of the isolated neutral system. Switches generally do not operate under earth fault conditions, but if network operators so want, I_{ef1} and I_{ef2} ratings are useful to specify for the switches and then, switches should be designed for this performance.

For industrial networks, as the fault current is usually very low (maximum of few amperes) the network can remain live while the operator is determining the fault location. This is called operation under sustained fault.

During the determination of the fault location, the network operator can operate the switches and both ratings I_{ef1} and I_{ef2} are useful to specify the switches if the segments interrupted are fully capacitive because there is no load current.

This neutral system is preferred for industrial networks that need continuity of service.

The potential of one phase is being brought down to or close to earth, and the two other phases are kept still operational until the fault is found and repaired.



Key

C_1, C_2, C_3	Capacitances between earth and respective phases
I_{k1}	Earth fault current
I_{c1}, I_{c2}	Capacitive current in non-faulty phases due to earth fault current
U_1, U_2, U_3	Voltage between neutral point and phases
N	Neutral point
E	Earthing point
U_{E1}, U_{E2}, U_{E3}	Voltage between earth and phases

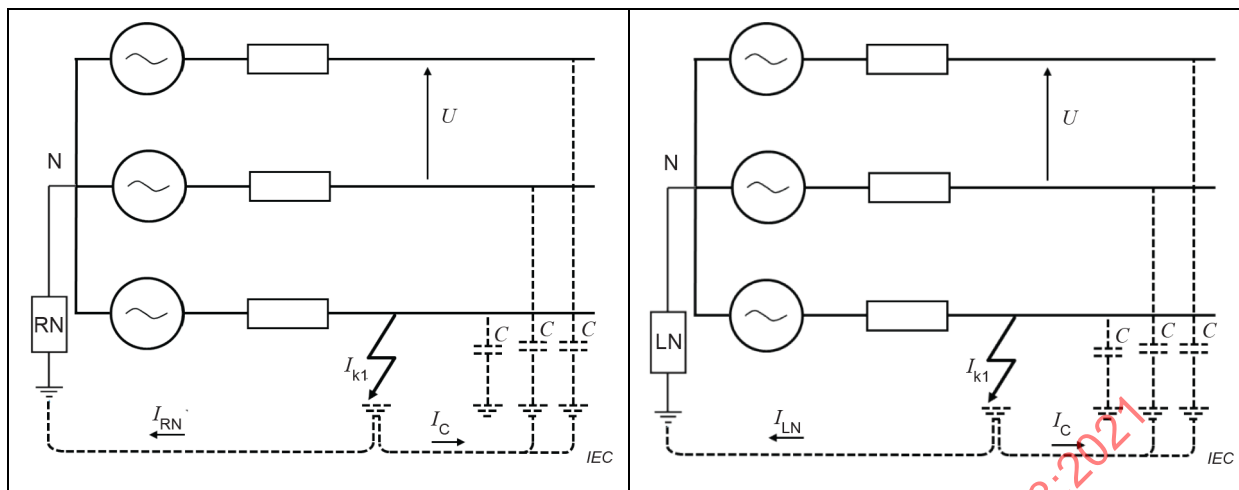
Figure B.2 – Capacitive current in non-faulty phases of isolated neutral system

Figure B.2 shows that capacitive current in the faulted phase depends on the upstream network and capacitive current in the non-faulted phase.

For this kind of network, the size of the network is limited as well as the phase earth capacitances (due to small length of cables). Then I_{k1} and I_{c1}, I_{c2} used to define the ratings I_{ef1} and I_{ef2} are very low. Values of I_{ef1} and I_{ef2} given in Equation (B.1) and Table B.3 can be taken as default. In special cases where there are capacitor banks located upstream, I_{k1} may be higher. This should be taken into consideration by the network operator when choosing the switches.

B.1.3 High impedance earthed neutral systems

A resistance with high value is connected between the neutral point and the earth in order to limit the earth fault current, as well as overvoltages.

**Key**

C, I_{k1}, I_c, U, N Defined in Figure B.1

I_{RN}, I_{LN} Current flowing into respectively neutral resistor R_N or neutral reactance L_N

Figure B.3 – Earth fault in high impedance earthed neutral system

In the case of resistance, the value of the resistance is chosen to limit I_{k1} but the current flowing into the resistance, I_{RN} , shall be higher than $2I_c$ in order to limit switching overvoltages and allows an affordable fault detection system. For distribution networks, I_{RN} is between 100 A and 300 A for overhead networks and up to 1 000 A for underground networks, lower for industrial networks ($I_{RN} \cong 20$ A).

When using a reactance, the current I_{LN} shall be much higher than $2I_c$. For public distribution networks L is chosen such that I_{LN} is between 300 A and 1000 A.

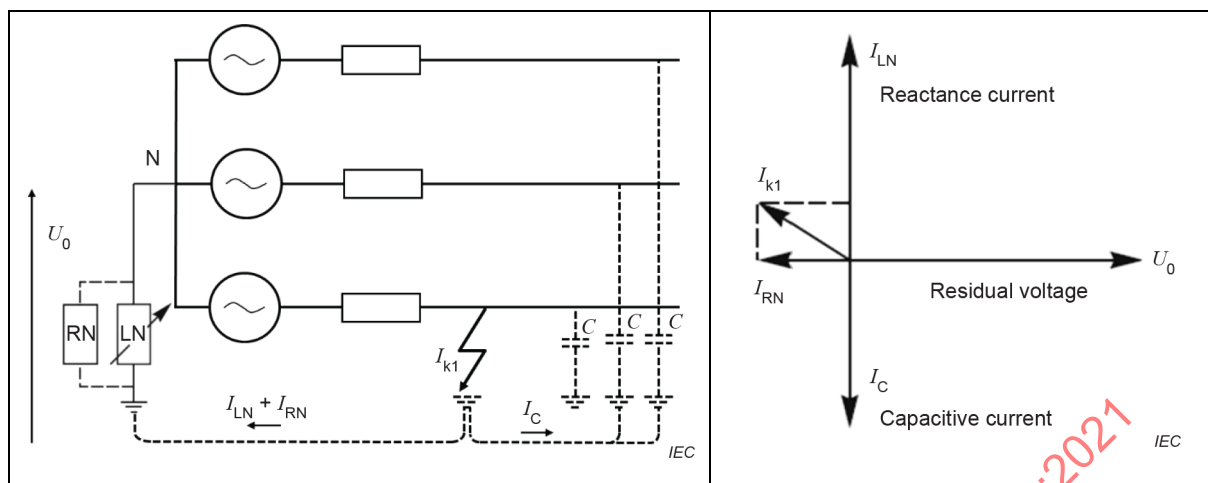
Continuity of service cannot be ensured when faults occur. Network protection systems are used to switch off faulted sections to eliminate earth faults as soon as they appear. The opening of a switch under sustained earth fault is not a situation under consideration as the switches are operated off load in order to localize the fault after the interruption of fault current by line protection circuit-breakers.

Consequently, ratings I_{ef1} and I_{ef2} are not necessary for a switch used in this neutral system.

This high impedance earthed neutral system is used for MV networks for both public and industrial distribution. It may be achieved by the use of a neutral earthing resistor or a neutral earthing reactor.

B.1.4 Resonant earthed neutral systems (Petersen coil)

A reactance adjusted to compensate the network capacitance is connected between the neutral point and earth as shown in Figure B.4.

**Key**

$C, I_{k1}, I_C, N, I_{RN}, I_{LN}, RN, LN$ Defined in Figure B.1 and Figure B.3

U_0 Residual voltage of neutral point

Figure B.4 – Earth fault in resonant or compensate earthed neutral system

This system is intended to compensate the whole capacitive current of the network by adjusting the value of the reactance so that only a small resistive current remains as the earth fault current.

In practice the value of the reactance is automatically adjusted taking into account the network configuration. There may be a variance where the reactance is set to an accepted limit by the network operator.

This kind of network can be operated under sustained earth fault. When the tuning is made accurately, the fault can be self-eliminated, if not caused by the failure of solid insulation. That is why reactances are also called self-extinction reactances.

When the fault location is detected, a switch can be used to switch off the faulted branch. The ratings I_{ef1} and I_{ef2} are then necessary if the segments interrupted are fully capacitive because there is no load current.

B.1.5 Synthesis

Table B.1 shows in which kind of network the rating I_{ef1} and I_{ef2} are necessary.

Table B.1 – Need of ratings I_{ef1} and I_{ef2} in non-effectively earthed neutral systems

Neutral earthing system	Usage in networks	Operation under sustained earth fault	Need of ratings for I_{ef1} and I_{ef2}
Direct or low impedance	Public distribution or industrial	Never	No
Isolated neutral	Public distribution or industrial (preferred)	Depending on size of network (to keep low current) Possible	Yes
High impedance neutral	Public distribution or industrial	Never	No
Resonant Neutral	Public distribution (preferred) or industrial	Possible	Yes

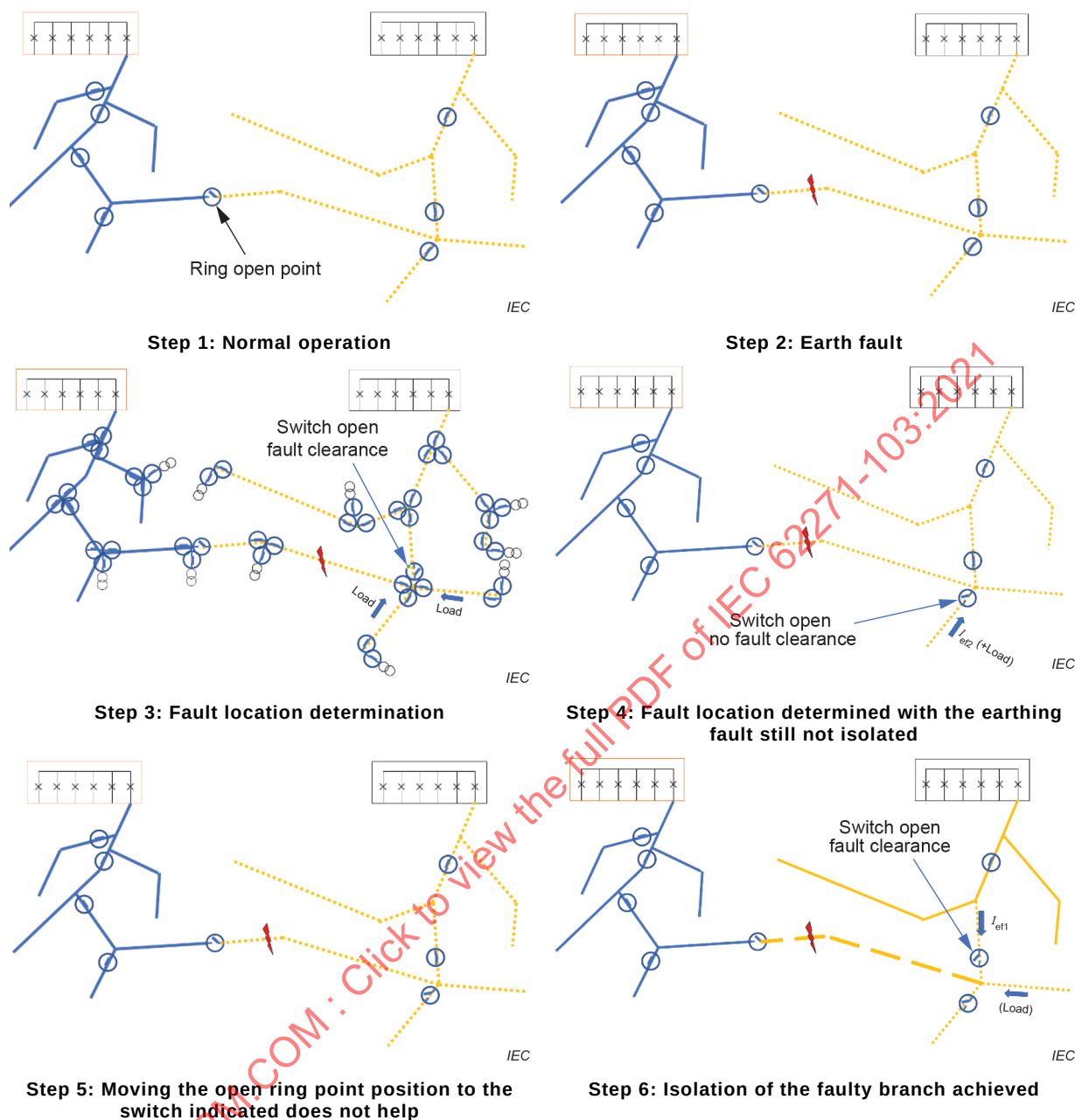
B.2 Calculation of I_{ef1} and I_{ef2}

B.2.1 General

The network operator can operate the switch under earth fault conditions in an isolated neutral or resonant earthed neutral system. For all other cases the line protection operates, and if the fault is permanent, it is localized, and the switches are operated off line to reconfigure the network. The calculation of I_{ef1} and I_{ef2} is meaningful only for isolated neutral and resonant earthed neutral systems and if the network is operated under sustained earth fault condition.

Generally, the fault is localized using fault detection systems that are specific for each earthed neutral system. The faulted branch is easily isolated following steps 4 to 6 in Figure B.5 and Figure B.6. In networks not equipped with fault detection systems, the network operator has to repeat step 3 until the earth fault is cleared as indicated in step 4 and then isolate the faulted branch following steps 5 and 6.

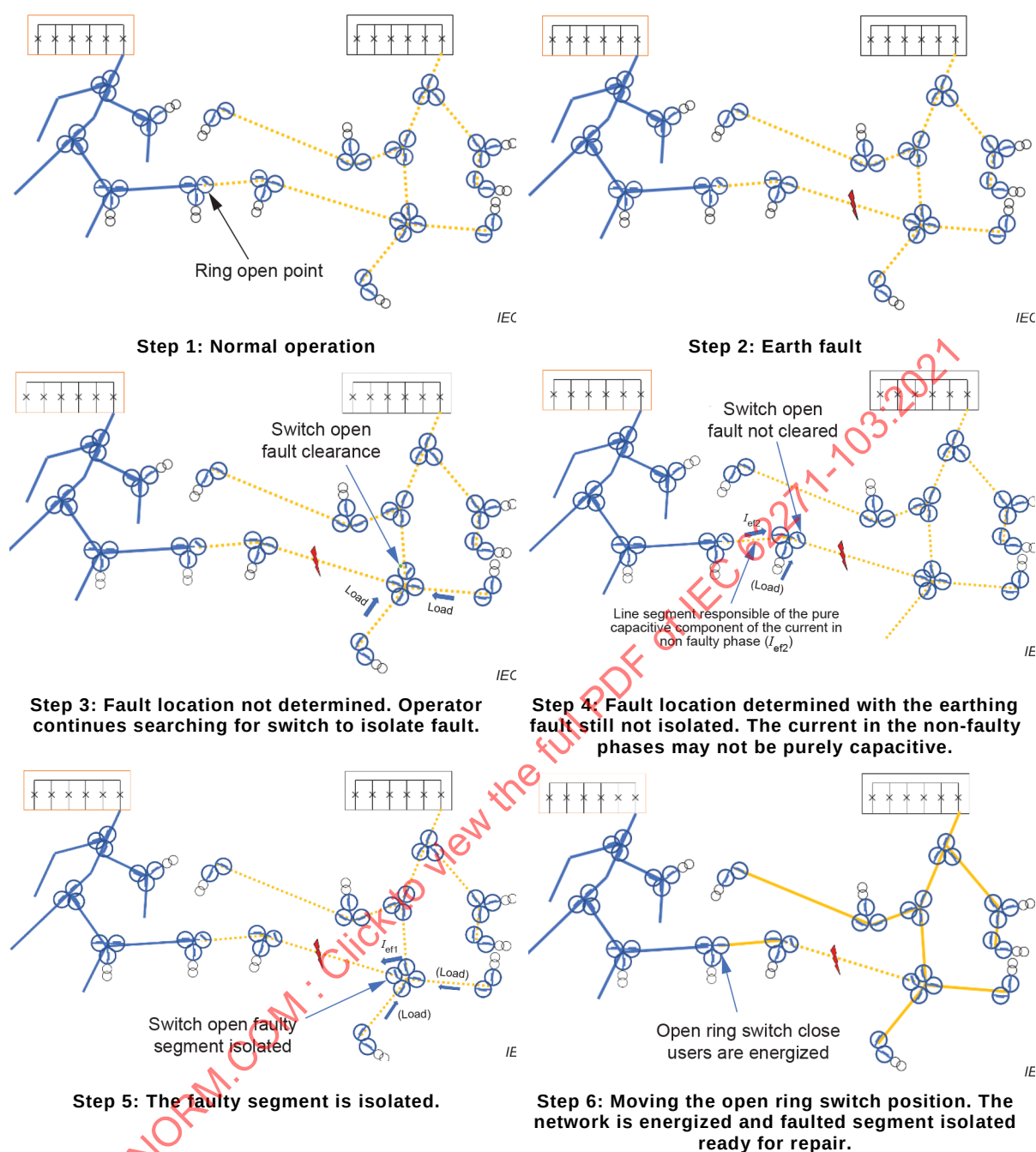
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021



Key

- Step 3 The switch is opening a faulty segment. Current in faulty phase may be purely capacitive from the upstream side or a combination of capacitive current and load current depending on the network configuration. In the first case, conditions are similar to those of the test circuit in Figure 8.
- Step 4 The switch is opening a non-faulty segment. Conditions are similar to those of the test circuit in Figure 9 and the current in the non-faulty phases may be purely capacitive (I_{ef2}) or a combination of capacitive and load current depending on the network configuration.
- Step 6 The switch is opening the smallest faulted segment. Current in faulted phase is mainly capacitive and depends on the upstream capacitance network configuration. Conditions are similar to those of the test circuit in Figure 8. Depending on the configuration of the network, and the location of the switches, load current may also be added to capacitive current resulting in higher current magnitude than I_{ef1} but without purely capacitive behaviour as tested according to Figure 8. Current in non-faulted phases is also capacitive but does not correspond to the condition of the test circuit in Figure 9 because the switching operation eliminates the shift of the neutral point.

Figure B.5 – Example of sequence to find and isolate a faulty branch in an overhead network



Key

- Step 3** The network operator is trying to localize the earth fault and the switch is opening a faulty segment. Current in faulty phase may be purely capacitive from the upstream side or a combination of capacitive and load depending on the network configuration. In the first case, conditions are similar to those of the test circuit in Figure 8.
- Step 4** The network operator is trying to localize the earth fault and the switch is opening a non-faulty segment. Conditions are similar to those of the test circuit in Figure 9 and the current in the non-faulty phases may be purely capacitive (I_{ef2}) or a combination of capacitive and load depending on the network configuration. When there is no load, capacitances responsible of the current to clear in non-faulty phases correspond to a very small length of cable network.
- Step 5** The network operator is isolating the faulty segment. Current in faulty phase is mainly capacitive and depends on the upstream capacitance network configuration. Conditions are similar to those of the test circuit in Figure 8. Depending on the configuration of the network, and the location of the switches, load current may also be added to capacitive current resulting in higher current magnitude than I_{ef1} but without fully capacitive behaviour as tested according to Figure 8.
- Step 6** The network operator is reconfiguring the network in order to minimize the number of users affected by the earth fault.

Figure B.6 – Example of sequence to find and isolate a faulty branch in a cable network

B.2.2 Calculation of I_{ef1}

According to Figure B.2, and assuming that C_1 , C_2 , C_3 are equal to the value C , the capacitive earth fault current in the faulty segment can be expressed as

$$I_{ef1} = 3C\omega U \quad (B.1)$$

with C representing the capacitance of all upstream feeders per phase and ω the angular frequency of the voltage.

In the case of presence of loads (step 3 of Figure B.5 or Figure B.6), the current flowing through the switch is mainly active current and therefore can be considered as a load current and the capacity of the switch to clear the faulty current is demonstrated by TD_{load} tests.

When there is no load (refer to step 6 of Figure B.5 or step 5 of Figure B.6), it means the switch is opening the last branch of the network before the open ring point, if any such looping capability, and the current to clear by the switch is mainly capacitive and not covered by other test duties of general purpose switches than TD_{ef1} .

The capacitance is representing all the capacitance of the upstream feeders. The highest capacitance occurs in underground networks using cables. As it is impossible to evaluate the capacitance of all the upstream feeders, it can be assumed, in first approximation, that it is equivalent to the cable capacitance taken into account for cable-charging rating.

The capacity of the switch to clear faulty current is then demonstrated by the special duty test TD_{ef1} where $I_{ef1} = 3I_{cc}$. This value considers the basic case. The user can specify a higher value depending on its network.

B.2.3 Calculation of I_{ef2}

Referring to Figure B.2, the capacitive current in the non-faulty feeder and non-faulty phase due to the earth fault can be calculated by:

$$I_{cs} = \omega CU\sqrt{3} \quad (B.2)$$

with C representing the capacitance of downstream feeder per phase. The voltage to consider is the voltage between phases because one of the phase in the faulty circuit is short circuited to earth.

In the case of presence of loads (step 3 or step 6 of Figure B.5 or step 3 or step 5 of Figure B.6), the current flowing into non-faulty lines can be considered as a load current and the phase to earth voltage can be taken as normal because the switching operation eliminates also the shift of the neutral point. Then the capacity of the switch to clear the current is demonstrated by TD_{load} tests. In the case of underground networks or reactance compensated networks, it may happen that the magnitude of capacitive/reactive and active current is similar. This situation is not fully corresponding to the TD_{load} testing condition, which assumes mainly active load current, but experience shows TD_{load} tests can cover such situation. This situation cannot be covered by TD_{ef2} , which assumes purely capacitive load.

The only case not covered by other test duties corresponds to the operation of the switch that will isolate the faulty branch (refer to step 4 of Figure B.6). In this special case the current flowing into non-faulty phases is purely capacitive and with a capacitance depending on the branch to isolate (between two connecting points), and due to the earth fault, the operation is done under rated voltage multiplied by a factor $\sqrt{3}$. The capacitance depends on the nature of the network (overhead line or underground cable), and the length of the branch to isolate. The test covering this case is illustrated in Figure 9.

Table B.2 – Values relating to the examples in Figure B.5 and Figure B.6 for capacitance and capacitive current for cables and overhead lines [6], [10], [11]

		12 kV		17,5 kV		24 kV		36 kV	
Cable single core conductor		Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu
	C ($\mu\text{F}/\text{km}$)	0,565	0,455	0,442	0,359	0,373	0,305	0,275	0,228
	ωCU (A/km)	1,02	0,82	1,24	1,01	1,35	1,11	1,50	1,24
Overhead lines	C (nF/km)	5		5		5		5	
	ωCU (A/km)	0,009 1		0,014 1		0,018 1		0,027 2	
	A /100 km	0,91		1,41		1,81		2,72	

According to the presentation of isolated and resonant earthed neutral systems it can be assumed that for more than 90 % of networks, the maximum distance between two underground cable network connection points is smaller than 4 km (industrial networks, urban networks) and for overhead line less than 100 km. Any other specific case can be specified by the user.

Table B.3 gives the resultant values for rating I_{ef2} using maximal capacitance values of Table B.2 multiplied by the distance and according to Equation (B.2)

Table B.3 – Values for I_{ef2}

I_{ef2} (A)	12 kV	17,5 kV	24 kV	36 kV
4 km of cable single core conductor	4,1	5	5,4	6
100 km of overhead lines	0,9	1,4	1,8	2,7

Annex C
(informative)

List of notes concerning certain countries

Clause	Text
6.13	Only visible gap designs are allowed for position indication (Canada).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

Bibliography

- [1] IEC 60059, *IEC standard current ratings*
 - [2] IEC 62271-105, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*
 - [3] IEC 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*
 - [4] IEC 62271-201, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*
 - [5] IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a.c. systems*
 - [6] IEC 62271-100, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers*
 - [7] IEC TR 62271-306, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 306: Guide to IEC 62271-100, IEC 62271-1 and other IEC standards related to alternating current circuit-breakers*
 - [8] IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
 - [9] NEXANS catalogue, *6-36 kV Medium Voltage Underground Power Cables*
 - [10] ABB Technical guide, *6th edition 2010 electrical installation handbook*, p310
 - [11] CIGRE GREEN BOOKS, *Overhead Lines*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	94
1 Domaine d'application	97
2 Références normatives	97
3 Termes et définitions	98
3.1 Termes et définitions généraux	98
3.2 Ensembles d'appareillages	98
3.3 Parties d'ensembles.....	99
3.4 Appareils de connexion.....	99
3.5 Parties d'appareillage	99
3.6 Caractéristiques opérationnelles de l'appareillage	100
3.7 Grandeurs caractéristiques	100
3.8 Index des définitions	104
4 Conditions normales et spéciales de service.....	105
5 Caractéristiques assignées.....	105
5.1 Généralités	105
5.2 Tension assignée (U_r).....	106
5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)	106
5.4 Fréquence assignée (f_r)	106
5.5 Courant permanent assigné (I_r)	106
5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	106
5.7 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p).....	106
5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)	106
5.9 Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	106
5.10 Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande	106
5.11 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	106
5.101 Pouvoir de coupure assigné de charge principalement active (I_{load})	106
5.102 Pouvoir de coupure assigné de boucle fermée (I_{loop}).....	107
5.103 Pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle pour les interrupteurs d'usage spécial (I_{ptr}).....	107
5.104 Pouvoir de coupure assigné de câble à vide (I_{cc})	107
5.105 Pouvoir de coupure assigné de ligne à vide (I_{lc})	107
5.106 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs pour interrupteurs d'usage spécial (I_{sb})	107
5.107 Pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial (I_{bb}).....	107
5.108 Pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial (I_{in})	107
5.109 Pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre (I_{ef1}).....	108
5.110 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre (I_{ef2}).....	108
5.111 Pouvoir de coupure assigné de moteur pour interrupteurs d'usage spécial (I_{mot}).....	108

5.112	Pouvoir d'établissement assigné en court-circuit (I_{ma}).....	108
5.113	Types d'interrupteurs et leurs caractéristiques assignées associées	108
5.113.1	Types d'interrupteurs	108
5.113.2	Courants établis et courants coupés assignés d'un interrupteur d'usage général	108
5.113.3	Courants établis et pouvoirs de coupure assignés des interrupteurs d'usage limité	109
5.113.4	Courants établis et pouvoirs de coupure assignés des interrupteurs d'usage spécial.....	109
5.113.5	Caractéristiques assignées pour interrupteurs protégés par des fusibles	110
5.114	Classe d'endurance mécanique des interrupteurs	110
5.114.1	Interrupteur de classe M1	110
5.114.2	Interrupteur de classe M2	110
5.115	Classe d'endurance électrique des interrupteurs d'usage général	110
5.115.1	Interrupteur d'usage général de classe E1	110
5.115.2	Interrupteur d'usage général de classe E2	110
5.115.3	Interrupteur d'usage général de classe E3	110
5.116	Classe de pouvoir de coupure capacitive des interrupteurs	111
5.116.1	Généralités	111
5.116.2	Interrupteur de classe C1	111
5.116.3	Interrupteur de classe C2	111
6	Conception et construction	111
6.1	Exigences pour les liquides utilisés pour l'appareillage	111
6.2	Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage	111
6.3	Mise à la terre de l'appareillage	111
6.4	Équipements et circuits auxiliaires et de commande	111
6.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	111
6.6	Manœuvre à accumulation d'énergie.....	111
6.7	Manœuvre indépendante sans accrochage mécanique (manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre à source d'énergie extérieure)	112
6.8	Organes de commande à manœuvre manuelle	112
6.9	Fonctionnement des déclencheurs	112
6.10	Indication de la pression/du niveau	112
6.11	Plaques signalétiques	112
6.11.1	Généralités	112
6.11.2	Application.....	112
6.12	Dispositifs de verrouillage	114
6.13	Indicateur de position.....	115
6.14	Degrés de protection procurés par les enveloppes	115
6.15	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	115
6.16	Étanchéité au gaz et au vide	115
6.17	Étanchéité des systèmes de liquide	115
6.18	Risque de feu (inflammabilité).....	115
6.19	Compatibilité électromagnétique (CEM)	115
6.20	Émission de rayons X	115
6.21	Corrosion	115
6.22	Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre	115
6.101	Manœuvres d'établissement et de coupure	115
6.102	Exigences pour les interrupteurs-sectionneurs	116

6.103	Résistance mécanique	116
6.104	Verrouillage de la position.....	116
6.105	Indication et signalisation de la position	116
6.105.1	Exigences générales	116
6.105.2	Indication de position.....	117
6.105.3	Signalisation de la position au moyen de contacts auxiliaires	118
6.106	Pouvoir de coupure de transformateur à vide	118
7	Essais de type	118
7.1	Généralités	118
7.1.1	Principes fondamentaux	118
7.1.2	Informations pour l'identification des objets d'essai	119
7.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essais de type	119
7.2	Essais diélectriques	119
7.2.9	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur	119
7.2.10	Essai de décharges partielles	120
7.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	120
7.4	Mesurage de la résistance	120
7.5	Essais au courant permanent.....	120
7.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible.....	120
7.6.1	Généralités	120
7.6.2	Disposition de l'appareil et du circuit d'essai.....	120
7.6.3	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	120
7.6.4	État de l'objet d'essai après l'essai	120
7.7	Vérification de la protection.....	120
7.8	Essais d'étanchéité	120
7.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	120
7.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande.....	121
7.10.1	Généralités	121
7.10.2	Essais fonctionnels.....	121
7.10.3	Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires.....	121
7.10.4	Essais d'environnement.....	121
7.10.5	Essais diélectriques.....	121
7.11	Essais des rayonnements X pour les interrupteurs à vide	121
7.101	Essais d'établissement et de coupure	121
7.101.1	Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général	121
7.101.2	Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage limité	124
7.101.3	Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial.....	124
7.101.4	Disposition de l'interrupteur pour les essais.....	125
7.101.5	Mise à la terre du circuit d'essai et de l'interrupteur	126
7.101.6	Paramètres d'essai	127
7.101.7	Circuits d'essai	129
7.101.8	Comportement de l'interrupteur pendant les essais de coupure	146
7.101.9	État de l'interrupteur après les essais de coupure et les essais d'établissement en court-circuit	147
7.101.10	Rapports d'essai de type	148
7.102	Essais mécaniques et d'environnement.....	150
7.102.1	Dispositions diverses pour les essais mécaniques et d'environnement	150

7.102.2	Essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant.....	151
7.102.3	Essais à basse et haute températures	152
7.102.4	Essai d'humidité sur les circuits auxiliaires et de commande	156
7.102.5	Fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace	158
7.102.6	Essais de vérification du bon fonctionnement du dispositif indicateur de position.....	158
7.103	Vérifications courantes à l'issue des essais	159
7.103.1	Vérification de la capacité de l'interrupteur à supporter son courant permanent assigné	159
7.103.2	Vérification de l'intégrité du vide dans le cas d'un interrupteur utilisant une ampoule à vide	160
8	Essais individuels de série	161
8.101	Généralités	161
8.102	Essais de fonctionnement mécanique	161
9	Guide pour le choix de l'appareillage (informative)	161
9.101	Généralités	161
9.102	Conditions affectant l'application.....	162
9.103	Coordination de l'isolement.....	162
9.104	Choix de la classe de l'interrupteur	162
9.104.1	Interrupteur d'usage général.....	162
9.104.2	Interrupteur d'usage limité	162
9.104.3	Interrupteur d'usage spécial.....	162
9.105	Essais pour applications spéciales.....	162
10	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes (informative)	163
10.1	Généralités	163
10.2	Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes.....	163
10.3	Renseignements à donner dans les soumissions	164
11	Transport, stockage, installation, instructions de fonctionnement et maintenance	165
12	Sécurité.....	165
13	Influence du produit sur l'environnement	165
Annexe A (normative)	Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type.....	166
Annexe B (informative)	Explication de la détermination de la valeur de I_{ef1} et I_{ef2}	168
B.1	Origine de la caractéristique assignée I_{ef1} et I_{ef2}	168
B.1.1	Généralités	168
B.1.2	Réseau à neutre isolé	168
B.1.3	Réseau à neutre relié à la terre par l'intermédiaire d'une haute impédance.....	170
B.1.4	Réseaux à neutre compensé par bobine d'extinction (bobine de Petersen)	171
B.1.5	Synthèse.....	172
B.2	Calcul de I_{ef1} et I_{ef2}	173
B.2.1	Généralités	173
B.2.2	Calcul de I_{ef1}	176
B.2.3	Calcul de I_{ef2}	176
Annexe C (Informative)	Liste des notes concernant certains pays.....	178
Bibliographie.....		179

Figure 1 – Dispositif(s) indicateur(s)/de signalement de position	117
---	-----

Figure 2 – Circuit triphasé pour les essais d'établissement et de coupure de courant de charge principalement active, pour la séquence d'essais TD_{load}	131
Figure 3 – Circuit d'essai monophasé pour les essais d'établissement et de coupure de courant de charge principalement active, pour la séquence d'essais TD_{load}	132
Figure 4 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de courant de boucle fermée de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle, séquences d'essais TD_{loop} et TD_{pptr}	134
Figure 5 – Circuit monophasé pour les essais de coupure de courant de boucle fermée de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle, séquences d'essais TD_{loop} et TD_{pptr}	134
Figure 6 – Circuit d'essai général pour essais triphasés et monophasés de coupure de charges capacitives	141
Figure 7 – Tension de rétablissement présumée et valeurs associées des paramètres spécifiés pour les essais de coupure de courant capacitif	143
Figure 8 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de courant de défaut à la terre, séquence d'essais TD_{ef1}	144
Figure 9 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de câbles à vide en cas de défaut à la terre, séquence d'essais TD_{ef2}	145
Figure 10 – Circuit triphasé pour l'essai de pouvoir d'établissement en court-circuit, séquence d'essais TD_{ma}	146
Figure 11 – Circuit monophasé pour l'essai de pouvoir d'établissement en court-circuit, séquence d'essais TD_{ma}	146
Figure 12 – Séquences des essais à basse et haute températures	153
Figure 13 – Essai d'humidité	157
Figure B.1 – Défaut à la terre dans un réseau à neutre isolé	168
Figure B.2 – Courant capacitif dans les phases restées saines du réseau à neutre isolé	170
Figure B.3 – Défaut à la terre dans un réseau à neutre relié à la terre par l'intermédiaire d'une haute impédance	171
Figure B.4 – Défaut à la terre dans un réseau à neutre relié à la terre compensé par bobine d'extinction	172
Figure B.5 – Exemple de séquence de recherche et d'isolation d'une branche en défaut dans un réseau aérien	174
Figure B.6 – Exemple de séquence de recherche et d'isolation d'une branche en défaut dans un réseau de distribution par câbles	175
Tableau 1 – Valeurs préférentielles pour les pouvoirs de coupure de lignes à vide et de câbles à vide pour un interrupteur d'usage général	109
Tableau 2 – Informations sur la plaque signalétique	112
Tableau 3 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général – Séquences d'essais en triphasé des interrupteurs d'usage général tripolaires	122
Tableau 4 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général – Essais en monophasé des interrupteurs d'usage général tripolaires actionnés pôle après pôle et des interrupteurs d'usage général unipolaires utilisés sur des réseaux triphasés	122
Tableau 5 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial – Essais en triphasé des interrupteurs tripolaires à manœuvre simultanée	125
Tableau 6 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial – Essais monophasés sur des interrupteurs tripolaires à manœuvre pôle après pôle et des interrupteurs monophasés utilisés dans des réseaux triphasés	125

Tableau 7 – Récapitulatif des conditions pour combiner les essais et les procédures alternatives	127
Tableau 8 – Paramètres de TTR du circuit d'alimentation pour les essais de coupure de charge principalement active ^a	132
Tableau 9 – Paramètres de TTR pour les essais de coupure en boucle fermée de lignes de distribution	136
Tableau 10 – Paramètres de TTR pour les essais de coupure de transformateurs de puissance en parallèle	137
Tableau 11 – Valeurs limites des paramètres de tension de rétablissement présumée pour les essais de coupure de courant capacitif	143
Tableau A.1 – Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type	166
Tableau B.1 – Nécessité des caractéristiques assignées I_{ef1} et I_{ef2} dans les réseaux à neutre non effectivement relié à la terre	173
Tableau B.2 – Valeurs correspondant aux exemples de la Figure B.5 et de la Figure B.6 pour la capacité et le courant capacitif des câbles et des lignes aériennes [6], [10], [11]	177
Tableau B.3 – Valeurs pour I_{ef2}	177

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 103: Interrupteurs à courant alternatif pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV

AVANT-PROPOS

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

La Norme IEC 62271-103 a été établie par le sous-comité 17A: Appareils de connexion, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage haute tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2011. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le présent document est aligné sur l'IEC 62271-1:2017 et l'IEC 62271-102:2018;
- b) clarifications relatives au comportement de l'interrupteur pendant les essais de coupure concernant la coupure de courant et les réamorçages;
- c) l'état de l'interrupteur après les essais d'établissement et de coupure a été précisé;

- d) nouvelle Annexe B destinée à aider au calcul de I_{ef1} et I_{ef2} ;
- e) de nouvelles règles de combinaison d'essais de coupure à 50 Hz et 60 Hz ont été définies. Un nouveau tableau (Tableau 7) a été ajouté;
- f) les essais avec TTR spécifiée ont été modifiés pour être conformes à la pratique décrite dans l'IEC 62271-100;
- g) le comportement de l'interrupteur pendant les essais de coupure a été précisé et des limites de tolérance de réamorçage ont été définies;
- h) explication ajoutée pour les essais d'établissement en court-circuit;
- i) contrôle d'intégrité au vide après les manœuvres mécaniques;
- j) regroupement de toutes les tensions d'essai pour les essais capacitifs monophasés en 7.101.7.3.2 et confirmation par simulations et calculs.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
17A/1297/FDIS	17A/1303/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le présent document doit être lu conjointement avec l'IEC 62271-1:2017, à laquelle il fait référence et qui est applicable, sauf indication contraire. Afin de simplifier l'indication des exigences correspondantes, la numérotation des articles et des paragraphes est la même que celle de l'IEC 62271-1:2017. Les amendements à ces articles et paragraphes reprennent la même numérotation. Les paragraphes supplémentaires sont numérotés à partir de 101.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62271, publiées sous le titre général Appareillage à haute tension, est disponible sur le site web de l'IEC.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe C énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet du présent document.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture du présent document indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 103: Interrupteurs à courant alternatif pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 est applicable aux interrupteurs et aux interrupteurs sectionneurs à courant alternatif triphasé ayant des caractéristiques assignées de pouvoir d'établissement et de pouvoir de coupure, destinés à être installés à l'intérieur et à l'extérieur, de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 52 kV et de fréquences assignées allant de 16 2/3 Hz jusqu'à et y compris 60 Hz. Le présent document est également applicable aux interrupteurs unipolaires prévus pour des réseaux triphasés.

Le présent document est également applicable aux dispositifs de manœuvre de ces interrupteurs et à leurs équipements auxiliaires.

Les interrupteurs-sectionneurs sont aussi couverts par l'IEC 62271-102 pour leur fonction de sectionnement.

Les appareils non couverts par le présent document sont:

- les appareils qui exigent une manœuvre dépendante manuelle;
- les sectionneurs de terre. Les sectionneurs de terre faisant partie intégrante d'un interrupteur sont couverts par l'IEC 62271-102;
- les appareils de connexion joints en tant qu'accessoires à un ensemble de fusibles à haute tension ou à son support et manœuvrés par l'ouverture et la fermeture de l'ensemble de fusibles.

Les principes généraux et les dispositions du présent document peuvent être aussi applicables aux interrupteurs unipolaires prévus pour des réseaux monophasés, les exigences pour les essais diélectriques et les essais d'établissement et de coupure correspondant aux exigences de l'application spécifique.

Le présent document établit des exigences pour les interrupteurs d'usage général, d'usage limité et d'usage spécial, utilisés dans les réseaux de distribution.

NOTE Sauf si des précisions spéciales sont exigées, le terme "interrupteur" est utilisé pour tous les types d'interrupteurs et d'interrupteurs-sectionneurs qui entrent dans le domaine d'application du présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Partie 441: Appareillage et fusibles* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD1:2013

IEC 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)*

IEC 62271-1:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes pour appareillage à courant alternatif*

IEC 62271-102:2018, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

IEC 62271-110:2017, *Appareillage à haute tension – Partie 110: Manœuvre de charges inductives*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-441 et l'IEC 62271-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

NOTE Les termes et définitions sont classés selon l'IEC 62271-1:2017.

3.1 Termes et définitions généraux

Le paragraphe 3.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

3.1.101

réseau à neutre effectivement relié à la terre

réseau relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance suffisamment faible de sorte que, pour toutes les conditions de réseaux, le rapport entre la composante homopolaire de la réactance et la composante directe de la réactance (X_0/X_1) est positif et inférieur à 3, et le rapport entre la composante homopolaire de la résistance et la composante directe de la réactance (R_0/X_1) est positif et inférieur à 1

Note 1 à l'article: Généralement, le neutre de ces réseaux est directement relié à la terre ou relié à la terre par l'intermédiaire d'une faible impédance

Note 2 à l'article: Les conditions de mise à la terre dépendent non seulement des conditions physiques de mise à la terre autour du lieu à l'étude, mais également de celles de tout le réseau.

3.1.102

réseau à neutre non effectivement relié à la terre

réseau autre que ceux avec neutre effectivement relié à la terre, ne satisfaisant pas aux conditions données en 3.1.101

Note 1 à l'article: Généralement, ces réseaux sont à neutre isolé, à neutre relié à la terre par une haute impédance ou à neutre compensé par bobine d'extinction

Note 2 à l'article: Les conditions de mise à la terre dépendent non seulement des conditions physiques de mise à la terre autour du lieu à l'étude, mais également de celles de tout le réseau.

3.2 Ensembles d'appareillages

Le paragraphe 3.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

3.3 Parties d'ensembles

Le paragraphe 3.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

3.4 Appareils de connexion

Le paragraphe 3.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

3.4.101

commutateur

appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit y compris éventuellement les conditions spécifiées de surcharge en service, ainsi que de supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales spécifiées du circuit telles que celles du court-circuit

Note 1 à l'article: Certains interrupteurs peuvent être capables d'établir des courants de court-circuit.

Note 2 à l'article: Un interrupteur n'est pas capable de couper des courants de court-circuit.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-10, modifié – Dans le terme, "(mécanique)" supprimé et remplacement de la Note par deux Notes à l'article.]

3.4.102

interrupteur-sectionneur

interrupteur qui, dans sa position de coupure, satisfait aux conditions d'isolement spécifiées pour un sectionneur

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-12]

3.4.103

interrupteur d'usage général

interrupteur capable d'effectuer, jusqu'à des courants atteignant ses pouvoir de coupure assignés, toutes les manœuvres d'établissement et de coupure qui peuvent généralement survenir dans les réseaux de distribution, qu'il s'agisse d'un réseau à neutre effectivement relié à la terre ou d'un réseau à neutre non effectivement relié à la terre, et qui est capable de supporter et d'établir des courants de court-circuit

3.4.104

Interrupteur d'usage limité

interrupteur qui a un courant permanent assigné, un courant de courte durée admissible assigné et un ou plusieurs, mais pas tous, pouvoirs de coupure d'un interrupteur d'usage général

3.4.105

Interrupteur d'usage spécial

interrupteur d'usage général ou d'usage limité convenant à une ou plusieurs des applications suivantes:

- manœuvre de batteries uniques de condensateurs;
- manœuvre de batteries de condensateurs à gradins;
- manœuvre de moteurs en régime permanent et au démarrage.
- manœuvre de circuits en boucle fermée constitués de gros transformateurs de puissance en parallèle;

Note 1 à l'article: Les gros transformateurs de puissance sont différents des transformateurs de distribution (puissance généralement supérieure à 2 500 KVA).

3.5 Parties d'appareillage

Le paragraphe 3.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

3.5.101

zone de contact principal

zone de contact prévue pour transporter son courant permanent assigné

3.6 Caractéristiques opérationnelles de l'appareillage

Le paragraphe 3.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

3.6.101

cycles de manœuvre

<d'un appareil mécanique de connexion> suite de manœuvres d'une position à une autre avec retour à la première position en passant par toutes les autres positions, s'il en existe

Note 1 à l'article: Il peut s'agir d'une manœuvre de coupure suivie d'une manœuvre d'établissement ou vice-versa.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02, modifié – Note à l'article ajoutée.]

3.6.102

endurance électrique d'un interrupteur d'usage général

capacité d'un interrupteur d'usage général à exécuter un certain nombre de manœuvres d'établissement et de coupure pour une tension et un courant définis dans des conditions de fonctionnement spécifiées

3.6.103

endurance mécanique d'un interrupteur

capacité d'un interrupteur à réaliser un certain nombre de manœuvres d'établissement et de coupure sans tension ou courant dans des conditions spécifiées

3.7 Grandeurs caractéristiques

Le paragraphe 3.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

3.7.101

pouvoir de coupure

<d'un appareil de connexion> courant qu'un appareil de connexion est capable d'interrompre sous une tension fixée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

Note 1 à l'article: La tension à fixer et les conditions à prescrire sont précisées dans les publications particulières.

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

Note 3 à l'article: Tout pouvoir de coupure implique également le pouvoir d'établissement du circuit correspondant.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-08, modifié – Domaine limité aux appareils de connexion, "valeur de... présumé" ou "d'un fusible" supprimés, Note 3 à l'article ajoutée.]

3.7.102

pouvoir de coupure de charge principalement active

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de charge principalement active, la charge pouvant être représentée par des résistances et des inductances en parallèle

3.7.103

pouvoir de coupure de transformateur à vide

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de transformateur fonctionnant à vide

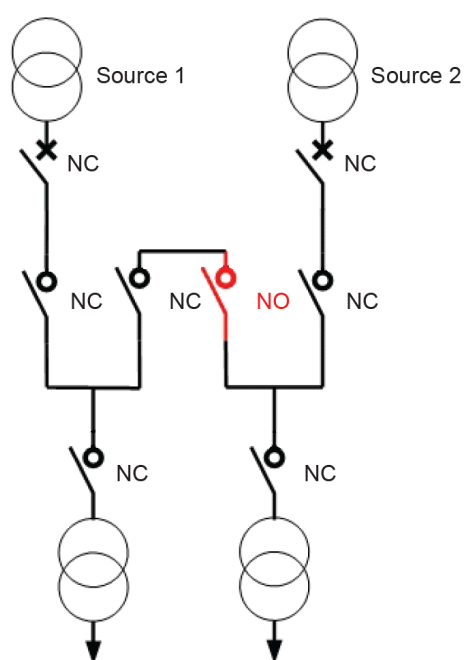
Note 1 à l'article: Compte tenu de la diversité des transformateurs et des circuits associés, il n'est pas possible de définir une caractéristique assignée pour ce pouvoir de coupure. Néanmoins, tous les interrupteurs capables de commuter une charge active sont capables de couper les courants de coupure de transformateur à vide.

3.7.104**pouvoir de coupure de boucle fermée**

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de lignes de distribution en boucle fermée ou du circuit d'un transformateur de puissance en parallèle avec un ou plusieurs transformateurs de puissance, c'est-à-dire d'un circuit dans lequel les deux bornes de l'interrupteur restent sous tension après l'interruption

EXEMPLE 1 L'interrupteur NO peut être manœuvré pour fermer la boucle et éviter la perte de service pour les utilisateurs en aval. Ensuite, un autre interrupteur dans la boucle ayant un pouvoir de coupure de boucle fermée est ouvert.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021



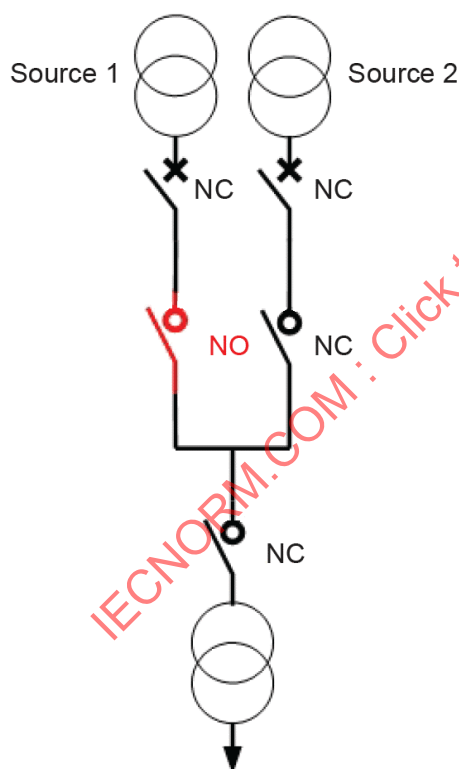
NC: Interrupteur ou disjoncteur généralement fermé

NO: Interrupteur généralement ouvert

L'interrupteur NO peut être fermé pour éviter la perte de service pour les utilisateurs en aval. Un autre interrupteur NC situé dans la même boucle peut être ouvert, par exemple pour assurer la maintenance d'une branche de la boucle.

Il peut arriver que les interrupteurs et les transformateurs ne se trouvent pas au même endroit.

EXEMPLE 2 L'interrupteur NO peut être manœuvré pour commuter les circuits de gros transformateurs de puissance en parallèle



NC: Interrupteur ou disjoncteur généralement fermé

NO: Interrupteur généralement ouvert

L'interrupteur NO peut être fermé pour éviter la perte de service pour les utilisateurs en aval. L'interrupteur NC situé dans l'autre branche peut être ouvert, par exemple pour assurer la maintenance.

En règle générale, les interrupteurs et les transformateurs sont proches.

3.7.105

pouvoir de coupure de câbles à vide

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de câbles fonctionnant sans charge

3.7.106

pouvoir de coupure de câbles à vide

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de lignes aériennes fonctionnant sans charge

3.7.107**pouvoir de coupure de batterie unique de condensateurs**

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de batterie unique de condensateurs alimenté par une source qui ne comporte pas d'autres condensateurs connectés en parallèle au réseau suffisamment proches pour augmenter sensiblement le courant d'appel

3.7.108**pouvoir de coupure de batteries de condensateurs à gradins**

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de batterie de condensateurs alimenté par une source qui comporte d'autres condensateurs connectés en parallèle au réseau suffisamment proches pour augmenter sensiblement le courant d'appel

3.7.109**pouvoir d'établissement de batterie de condensateurs à gradins**

courant à grande amplitude et à haute fréquence survenant lors de l'établissement d'un circuit de batteries de condensateurs sur une source comportant une ou plusieurs batteries de condensateurs à côté de la batterie qui est manœuvrée

3.7.110**pouvoir de coupure de moteur**

pouvoir de coupure lors de l'ouverture d'un circuit de moteur en régime permanent et en cas de blocage

3.7.111**pouvoir de coupure en cas de défaut à la terre**

pouvoir de coupure dans la phase en défaut d'un réseau à neutre non effectivement relié à la terre lors de l'élimination d'un défaut à la terre sur une ligne aérienne ou sur un câble à vide en aval de l'interrupteur

3.7.112**pouvoir de coupure de câbles et de lignes à vide en cas de défaut à la terre**

pouvoir de coupure dans les phases restées saines d'un réseau à neutre non effectivement relié à la terre lors de la coupure d'un câble à vide ou d'une ligne aérienne à vide, un défaut à la terre existant en amont de l'interrupteur

3.7.113**courant coupé**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-07]

3.7.114**valeur du pouvoir d'établissement**

valeur de crête de la première grande alternance du courant dans un pôle d'un interrupteur pendant la période transitoire qui suit l'instant d'établissement au cours d'une manœuvre d'établissement

Note 1 à l'article: La valeur de crête peut être différente d'un pôle à l'autre et d'une manœuvre à l'autre, car elle dépend de l'instant d'établissement du courant par rapport à l'onde de la tension appliquée.

Note 2 à l'article: Lorsqu'une seule valeur du pouvoir d'établissement est indiquée pour un circuit triphasé, il s'agit de la plus grande valeur dans n'importe quelle phase, sauf spécification contraire.

3.7.115**pouvoir d'établissement en court-circuit**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-10]

3.7.116

pouvoir de coupure capacitive d'un interrupteur

aptitude d'un interrupteur à effectuer une coupure de courant capacitif pour une tension et un courant définis dans des conditions de fonctionnement et des performances de réamorçage spécifiées

3.7.117

réallumage

<d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif> rétablissement du courant entre les contacts d'un appareil mécanique de connexion au cours d'une manœuvre de coupure, l'intervalle de temps durant lequel le courant est resté nul étant inférieur à un quart de la période correspondant à la fréquence industrielle

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-45]

3.7.118

réamorçage

<d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif> rétablissement du courant à la fréquence industrielle, ou dans le cas d'une coupure de courant capacitif, rétablissement du courant dans le circuit de charge principal, entre les contacts d'un appareil mécanique de connexion au cours d'une manœuvre de coupure, l'intervalle de temps durant lequel le courant est resté nul étant égal ou supérieur à un quart de la période correspondant à la fréquence industrielle

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-46, modifié – "fréquence industrielle" ajouté, "ou dans le cas d'une coupure de courant capacitif, rétablissement du courant dans le circuit de charge principal" ajouté]

3.8 Index des définitions

C

Courant coupé	3.7.113
Cycle de manœuvres (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.101

E

Endurance électrique d'un interrupteur d'usage général	3.4.104
Endurance mécanique d'un interrupteur	3.6.103

I

Interrupteur (dispositif mécanique)	3.4.101
Interrupteur d'usage général	3.4.103
Interrupteur d'usage limité	3.4.104
Interrupteur d'usage spécial	3.4.105
Interrupteur-sectionneur	3.4.102

P

Pouvoir de coupure	3.7.101
Pouvoir de coupure capacitive d'un interrupteur	3.7.116
Pouvoir de coupure de batterie unique de condensateurs	3.7.107
Pouvoir de coupure de batteries de condensateurs à gradins	3.7.109
Pouvoir de coupure de boucle fermée	3.7.104
Pouvoir de coupure de câbles à vide	3.7.105
Pouvoir de coupure de câbles et de lignes à vide en cas de défaut à la terre	3.1.102
Pouvoir de coupure de charge principalement active	3.7.102

Pouvoir de coupure de lignes à vide	3.7.106
Pouvoir de coupure de moteur	3.7.110
Pouvoir de coupure de transformateur à vide	3.7.103
Pouvoir de coupure en cas de défaut à la terre	3.7.111
Pouvoir d'établissement en court-circuit	3.7.115
Pouvoir d'établissement de batteries de condensateurs à gradins	3.7.109
R	
Réallumage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)	3.7.117
Réamorçage (d'un appareil mécanique de connexion à courant alternatif)	3.7.118
Réseau à neutre effectivement relié à la terre	3.1.101
Réseau à neutre non effectivement relié à la terre	3.1.102
V	
Valeur (de crête) du pouvoir d'établissement	3.7.114
Z	
Zone de contact principal	3.5.101

4 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

Le paragraphe 5.1 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les caractéristiques assignées et classes supplémentaires suivantes:

- k) pouvoir de coupure assigné de charge principalement active (I_{load});
- l) pouvoir de coupure assigné de boucle fermée (I_{loop});
- m) pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle (I_{ptr});
- n) pouvoir de coupure assigné de câble à vide (I_{cc});
- o) pouvoir de coupure assigné de ligne à vide (I_{lc});
- p) pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs (I_{sb});
- q) pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins (I_{bb});
- r) pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins (I_{in});
- s) pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre (I_{ef1});
- t) pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre (I_{ef2});
- u) pouvoir de coupure assigné de moteur (I_{mot});
- v) pouvoir d'établissement assigné en court-circuit (I_{ma});
- w) classe d'endurance mécanique des interrupteurs (M1 ou M2);
- x) classe d'endurance électrique des interrupteurs d'usage général (E1, E2 ou E3);
- y) classe de pouvoir de coupure capacitive des interrupteurs (C1 ou C2).

Les conditions d'applicabilité de ces caractéristiques assignées supplémentaires sont données en 5.113, en fonction du type d'interrupteur (voir 5.113.1) et/ou de l'application.

Les conditions d'applicabilité des classes indiquées ci-dessus sont données en 5.114, 5.115 et 5.116.

5.2 Tension assignée (U_r)

Le paragraphe 5.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)

Le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.4 Fréquence assignée (f_r)

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.5 Courant permanent assigné (I_r)

Le paragraphe 5.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.7 Valeur de crête du courant admissible assigné (I_p)

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.9 Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)

Le paragraphe 5.9 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.10 Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 5.10 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5.11 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue

Le paragraphe 5.11 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

cette caractéristique assignée ne s'applique qu'aux sources d'alimentation des dispositifs de manœuvre.

NOTE Les systèmes à pression entretenue pour l'isolement ou la manœuvre ne sont plus fabriqués pour un niveau maximal de 52 kV. Par conséquent, seule l'alimentation en gaz des dispositifs de manœuvre est prise en considération.

5.101 Pouvoir de coupure assigné de charge principalement active (I_{load})

Le pouvoir de coupure assigné de charge principalement active est le courant maximal de charge principalement active que l'interrupteur doit être capable de couper sous sa tension

assignée. Sa valeur doit être égale au courant permanent assigné en l'absence de toute autre valeur sur la plaque signalétique.

5.102 Pouvoir de coupure assigné de boucle fermée (I_{loop})

Le pouvoir de coupure assigné de boucle fermée est le courant maximal de boucle fermée que l'interrupteur doit être capable de couper.

5.103 Pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle pour les interrupteurs d'usage spécial (I_{ptr})

Le pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle est le courant de boucle fermée de transformateur de puissance en parallèle maximal qu'un interrupteur d'usage spécial doit être capable de couper.

5.104 Pouvoir de coupure assigné de câble à vide (I_{cc})

Le pouvoir de coupure assigné de câble à vide est le courant maximal de câbles à vide que l'interrupteur doit être capable de couper sous sa tension assignée.

5.105 Pouvoir de coupure assigné de ligne à vide (I_{lc})

Le pouvoir de coupure assigné de ligne à vide est le courant maximal de lignes à vide que l'interrupteur doit être capable de couper sous sa tension assignée.

5.106 Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs pour interrupteurs d'usage spécial (I_{sb})

Le pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs pour interrupteurs d'usage spécial est le courant maximal de batterie de condensateurs qu'un interrupteur d'usage spécial doit être capable de couper sous sa tension assignée, sans batterie de condensateurs reliée au côté source de l'interrupteur à côté de la batterie qui est manœuvrée.

5.107 Pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial (I_{bb})

Le pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial est le courant maximal de batterie de condensateurs qu'un interrupteur d'usage spécial doit être capable de couper sous sa tension assignée, avec une ou plusieurs batteries de condensateurs reliées au côté source de l'interrupteur à côté de la batterie qui est manœuvrée.

Le pouvoir de coupure préférentiel assigné de batterie de condensateurs à gradins est de 400 A.

5.108 Pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial (I_{in})

Le pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins pour interrupteurs d'usage spécial est la valeur de crête du courant qu'un interrupteur d'usage spécial doit être capable d'établir sous sa tension assignée et avec une fréquence du courant d'appel appropriée aux conditions de service.

La spécification d'un pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins est obligatoire pour les interrupteurs ayant un pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins.

Le pouvoir d'établissement préférentiel assigné de batterie de condensateurs à gradins est de 20 kA crête, avec une fréquence du courant d'appel de 4 250 Hz.

NOTE La fréquence et l'amplitude du courant d'appel dépendent de l'importance et de la disposition de la batterie de condensateurs mise sous tension, de la batterie de condensateurs déjà connectée du côté source de l'interrupteur et des impédances limitatrices éventuelles.

5.109 Pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre (I_{ef1})

Le pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre est le courant de défaut à la terre capacitif maximal de la phase en défaut d'un réseau à neutre non effectivement relié à la terre que l'interrupteur doit être capable de couper sous sa tension assignée.

NOTE La valeur maximale du courant de défaut à la terre capacitif dans un réseau à neutre isolé peut être égale à jusqu'à 3 fois celle des câbles et lignes à vide du réseau. Des recommandations supplémentaires sont données à l'Annexe B.

5.110 Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre (I_{ef2})

Le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre est le courant capacitif maximal des phases restées saines d'un réseau à neutre non effectivement relié à la terre que l'interrupteur doit être capable de couper sous sa tension assignée.

NOTE La valeur maximale du courant capacitif des phases restées saines en cas de défaut à la terre se produisant dans un réseau à neutre isolé peut être égale à $\sqrt{3}$ fois le pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide du réseau. Des recommandations supplémentaires sont données à l'Annexe B.

5.111 Pouvoir de coupure assigné de moteur pour interrupteurs d'usage spécial (I_{mot})

Le pouvoir de coupure assigné de moteur est le courant maximal en régime établi d'un moteur qu'un interrupteur d'usage spécial doit être capable de couper sous sa tension assignée. Voir l'IEC 62271-110:2017.

NOTE En règle générale, le courant coupé d'un moteur bloqué est de l'ordre de huit fois le courant permanent assigné du moteur.

5.112 Pouvoir d'établissement assigné en court-circuit (I_{ma})

Le pouvoir d'établissement assigné en court-circuit est la valeur de crête du courant maximal que l'interrupteur doit être capable d'établir sous sa tension assignée.

5.113 Types d'interrupteurs et leurs caractéristiques assignées associées

5.113.1 Types d'interrupteurs

Tout interrupteur conforme au présent document doit être désigné par un type, tel que d'usage général, d'usage limité ou d'usage spécial.

5.113.2 Courants établis et courants coupés assignés d'un interrupteur d'usage général

Un interrupteur d'usage général doit avoir des caractéristiques assignées particulières pour l'établissement et la coupure comme suit:

- un pouvoir de coupure assigné de charge principalement active égal ou supérieur au courant permanent assigné;
- un pouvoir de coupure assigné de boucle fermée égal ou supérieur au courant permanent assigné;
- un pouvoir de coupure assigné de câble à vide (qu'il convient de choisir dans le Tableau 1);

- un pouvoir de coupure assigné de ligne à vide (qu'il convient de choisir dans le Tableau 1);
- un pouvoir d'établissement assigné en court-circuit égal à la valeur de crête du courant admissible assigné;
- un pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre;
- un pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre.

Il convient de choisir les valeurs assignées dans la série R10 spécifiée dans l'IEC 60059 [1]¹.

NOTE La série R10 est composée des numéros 1 - 1,25 - 1,6 - 2 - 2,5 - 3,15 - 4 - 5 - 6,3 - 8 et de leurs produits de 10ⁿ.

Tableau 1 – Valeurs préférentielles pour les pouvoirs de coupure de lignes à vide et de câbles à vide pour un interrupteur d'usage général

Tension assignée U_r kV	Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide I_{cc} A	Pouvoir de coupure assigné de lignes à vide I_c A
3,6	4	0,3
4,76 ^a	4	0,3
7,2	6	0,5
8,25 ^a	6	0,5
12	10	1
15 ^a	10	1
15,5 ^a	10	1
17,5	10	1
24	16	1,5
25,8 ^a	16	1,5
27 ^a	16	1,5
36	20	2
38 ^a	20	2
40,5	20	2
48,3 ^a	24	2,5
52	24	2,5
^a Fondé sur la pratique courante dans certains pays, y compris les USA.		

5.113.3 Courants établis et pouvoirs de coupure assignés des interrupteurs d'usage limité

Un interrupteur d'usage limité doit avoir un ou plusieurs, mais pas tous, pouvoirs de coupure d'un interrupteur d'usage général (voir 5.113.2).

5.113.4 Courants établis et pouvoirs de coupure assignés des interrupteurs d'usage spécial

Un interrupteur d'usage spécial peut avoir un ou plusieurs des pouvoirs de coupure d'un interrupteur d'usage général (voir 5.113.2) et doit avoir des pouvoirs de coupure appropriés

¹ Les nombres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

pour l'application de service spéciale spécifique pour laquelle l'interrupteur est conçu. Au moins l'une des caractéristiques assignées suivantes doit être attribuée:

- pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle;
- pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs;
- pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins;
- pouvoir de coupure assigné de moteur.

Il convient de choisir les valeurs assignées dans la série R10 spécifiée dans l'IEC 60059 [1].

5.113.5 Caractéristiques assignées pour interrupteurs protégés par des fusibles

Les interrupteurs d'usage général, d'usage limité et d'usage spécial peuvent être protégés par des fusibles.

Dans ce cas, les caractéristiques assignées de court-circuit, les courants de courte durée admissible et les pouvoirs d'établissement des interrupteurs peuvent être choisis en tenant compte de l'effet de limitation par les fusibles de protection sur la durée et la valeur du courant de court-circuit. L'IEC 62271-105 [2] peut être utilisée à cet effet.

5.114 Classe d'endurance mécanique des interrupteurs

5.114.1 Interrupteur de classe M1

Interrupteur présentant une endurance mécanique de 1 000 manœuvres d'établissement et de coupure et soumis à l'essai selon 7.102.2.1

5.114.2 Interrupteur de classe M2

Interrupteur présentant une endurance mécanique de 5 000 manœuvres d'établissement et de coupure et soumis à l'essai selon 7.102.2.2.

5.115 Classe d'endurance électrique des interrupteurs d'usage général

5.115.1 Interrupteur d'usage général de classe E1

Interrupteur d'usage général présentant une endurance électrique de base en matière de pouvoirs de coupure de charge et d'établissements en court-circuit. Le niveau de performance exigé est donné dans les colonnes correspondantes du Tableau 3 et du Tableau 4, et les essais visant à démontrer la performance sont décrits en 7.101.1.2 et en 7.101.1.3.

NOTE En règle générale, cette classe est adaptée pour des applications où des manœuvres de coupure non fréquentes sont effectuées ou le cas échéant des opérations d'inspection et de remplacement des pièces de manœuvre sont admises.

5.115.2 Interrupteur d'usage général de classe E2

Interrupteur d'usage général présentant une endurance électrique moyenne en matière de pouvoirs de coupure de charge et d'établissements en court-circuit. Le niveau de performance exigé est donné dans les colonnes correspondantes du Tableau 3 et du Tableau 4, et les essais visant à démontrer la performance sont décrits en 7.101.1.2 et en 7.101.1.3.

NOTE En règle générale, cette classe est adaptée pour des applications où des manœuvres de coupure non fréquentes sont effectuées, mais dont les opérations d'inspection et de remplacement des pièces de manœuvre ne sont pas admises ou possibles.

5.115.3 Interrupteur d'usage général de classe E3

Interrupteur d'usage général présentant une endurance électrique élevée en matière de pouvoirs de coupure de charge et d'établissements en court-circuit. Le niveau de performance

exigé est donné dans les colonnes correspondantes du Tableau 3 et du Tableau 4, et les essais visant à démontrer la performance sont décrits en 7.101.1.2 et en 7.101.1.3.

NOTE En règle générale, cette classe est adaptée pour des applications où des manœuvres de coupure fréquentes sont réalisées, mais dont les opérations d'inspection et de remplacement des pièces de manœuvre ne sont pas admises ou possibles.

5.116 Classe de pouvoir de coupure capacitive des interrupteurs

5.116.1 Généralités

Un interrupteur est susceptible d'être classé dans la classe C2 pour le câble à vide, par exemple, mais dans la classe C1 pour la batterie de condensateurs.

5.116.2 Interrupteur de classe C1

Interrupteur dont le pouvoir de coupure capacitive est démontré et qui a présenté des réamorçages pendant au moins l'un des essais de type spécifiques suivants (séquences d'essai TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} et TD_{bb1}) et qui ne satisfait pas aux conditions de la classe C2.

5.116.3 Interrupteur de classe C2

Interrupteur présentant une très faible probabilité de réamorçage pendant un pouvoir de coupure capacitive tel que démontré en ne présentant aucun réamorçage pendant les essais de type spécifiques (séquences d'essai TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} et TD_{bb1}) pour lesquels l'interrupteur a été assigné. Toutefois, un interrupteur présentant un seul réamorçage pendant au moins l'une des séquences d'essais indiquées, mais aucun réamorçage pendant la répétition de la séquence d'essais spécifiques, est également considéré comme appartenant à cette classe. Voir 7.101.8.

6 Conception et construction

6.1 Exigences pour les liquides utilisés pour l'appareillage

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.2 Exigences pour les gaz utilisés dans l'appareillage

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.3 Mise à la terre de l'appareillage

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.4 Équipements et circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 6.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Voir également le paragraphe 6.105 de l'IEC 62271-102:2018 pour les forces maximales de manœuvre manuelle (énergie de stockage).

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

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Voir également le paragraphe 6.105 de l'IEC 62271-102:2018 pour les forces maximales de manœuvre manuelle (énergie de stockage).

6.8 Organes de commande à manœuvre manuelle

Le paragraphe 6.8 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.9 Fonctionnement des déclencheurs

Le paragraphe 6.9 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.10 Indication de la pression/du niveau

Le paragraphe 6.10 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.11 Plaques signalétiques

6.11.1 Généralités

Le paragraphe 6.11.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.11.2 Application

Le paragraphe 6.11.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les modifications suivantes:

Les interrupteurs et leurs dispositifs de manœuvre, conçus pour fonctionner de manière autonome ou être intégrés par des tiers comme composants d'appareillage, doivent être équipés de plaques signalétiques contenant les informations en conformité avec le Tableau 2.

Les interrupteurs et leurs dispositifs de manœuvre conçus pour être intégrés dans une famille particulière d'appareillages, doivent faire figurer les informations sur la ou les plaques signalétiques et/ou dans le manuel d'instructions du fabricant de l'appareillage, comme cela est indiqué dans le Tableau 2.

Les dispositifs de manœuvre fournis en tant que composants séparés doivent comporter des plaques signalétiques distinctes contenant les informations conformes au Tableau 2.

Le Tableau 2 remplace le Tableau 9 de l'IEC 62271-1:2017.

Tableau 2 – Informations sur la plaque signalétique

(1) ^a	Abréviation (2) ^{a b}	Unité (3)	Commu- tateur (4)	Dispositif de manœuvre (5)	Condition: marquage exigé uniquement si (6)
Informations à faire figurer sur la plaque signalétique					
Fabricant			X	X	
Désignation du type de fabricant			X	X	
Référence(s) des instructions du fabricant			X	X	
Année de fabrication			X	X	

(1) ^a	Abréviation (2) ^{a b}	Unité (3)	Commu- tateur (4)	Dispositif de manœuvre (5)	Condition: marquage exigé uniquement si (6)
Référence au présent document			X	X	
Classe d'endurance mécanique	M1 ou M2		X	X	
Classe d'endurance électrique ^c	E1, E2 ou E3		Y		interrupteur d'usage général
Classe de manœuvre de charge capacitive ^c	C1 ou C2		Y		assigné pour I_{cc} , I_{lc} , I_{sb} ou I_{bb}
Numéro de série			X	X	
Tension assignée	U_r	kV	X		
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	U_p	kV	X		
Tension de tenue assignée à fréquence industrielle	U_d	kV	X		
Fréquence assignée	f_r	Hz	X		
Courant permanent assigné	I_r	A	X		
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	kA	X		
Durée de court-circuit assignée	t_k	s	Y		différente de 1 s
Valeur de crête du courant admissible assigné	I_p	kA	X		
Pouvoir d'établissement assigné en court-circuit	I_{ma}	kA	Y		différent de la valeur de crête du courant admissible
Type et masse de fluide (liquide ou gaz) pour l'isolement	M_f et la formule chimique pour un gaz ou nom commercial pour un liquide	kg	Y		contient du fluide
Températures minimale et maximale de l'air ambiant		°C	Y	Y	différente de: –5 °C et/ou 40 °C
Informations à faire figurer sur la plaque signalétique ou dans les instructions					
Désignation du type de l'interrupteur (usage général, usage limité ou usage spécial)			X		
Pouvoir de coupure assigné de charge principalement active	I_{load}	A	Y		différent du courant permanent assigné
Pouvoir de coupure assigné de boucle fermée	I_{loop}	A	Y		différent du courant permanent assigné
Pouvoir de coupure assigné de transformateurs en parallèle	I_{pptr}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de câble à vide	I_{cc}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de ligne à vide	I_{lc}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de batterie unique de condensateurs	I_{sb}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins	I_{bb}	A	Y		

(1) ^a	Abréviation (2) ^{a b}	Unité (3)	Commu- tateur (4)	Dispositif de manœuvre (5)	Condition: marquage exigé uniquement si (6)
Pouvoir de coupure assigné en cas de défaut à la terre	I_{ef1}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de câbles à vide ou de lignes à vide en cas de défaut à la terre	I_{ef2}	A	Y		
Pouvoir de coupure assigné de moteur	I_{mot}	A	Y		
pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins	I_{in}	A	Y		
Pression de remplissage pour la manœuvre	P_{rm}	kPa		Y	
Pression minimale de fonctionnement pour la manœuvre	p_{mm}	kPa		Y	
Pression d'alarme pour la manœuvre	P_{am}	kPa		Y	
Pression de remplissage pour la manœuvre	P_{re}	kPa	Y		
Pression minimale de fonctionnement pour l'établissement et la coupure	p_{me}	kPa	Y		
Pression d'alarme pour l'isolement	P_{ae}	kPa	Y		
Pression minimale de fonctionnement pour l'isolement	p_{sw}	kPa	Y		
Tension(s) d'alimentation assignée(s) des circuits auxiliaires et de commande. Spécifier courant continu/courant alternatif (avec la fréquence assignée)	U_a	V		Y	

Légende
"X" L'inscription de ces valeurs est obligatoire.
"Y" L'inscription de ces valeurs dépend des conditions figurant à la colonne (6) ou s'il y a lieu.
^a Les abréviations de la colonne (2) peuvent être utilisées à la place des termes de la colonne (1). Quand les termes de la colonne (1) sont utilisés, il n'est pas nécessaire de faire apparaître le mot "assigné".
^b Il est admis de regrouper les abréviations quand les valeurs sont identiques, par exemple: $I_r, I_{load}, I_{loop} = 400 \text{ A}$.
^c Des courants assignés et des pouvoirs d'établissement en court-circuit différents correspondant à des classes différentes peuvent être donnés.

6.12 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 6.12 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Les interrupteurs à verrouillage mécanique verrouillé par blocage de l'arbre de commande ou de la chaîne cinématique de puissance de l'interrupteur et qui ne sont pas intégrés dans les ensembles d'appareillages couverts par les normes IEC 62271-200 [3] ou IEC 62271-201 [4] doivent être conçus pour résister:

- pendant la manœuvre à l'aide d'un moteur, à la déformation produite par le couple de démarrage du moteur à la tension d'alimentation maximale du moteur ou, en présence d'un dispositif de limitation de contraintes, à sa valeur limite; et
- pendant la manœuvre manuelle, à 3 fois la valeur de la force maximale correspondante exercée pour la manœuvre manuelle indiquée en 6.105 (sans prendre en considération la valeur crête) ou, en présence d'un dispositif de limitation de contraintes, à 1,5 fois sa valeur limite.

6.13 Indicateur de position

Le paragraphe 6.13 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Voir également 6.105.

6.14 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 6.14 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les ajouts suivants pour les enveloppes contenant des circuits auxiliaires et de commande:

le degré de protection minimal fourni par les enveloppes pour une installation extérieure doit être d'au moins IP3XDW (IEC 60529:1989 + AMD1:1999 + AMD2:2013);

le degré de protection minimal pour une installation intérieure ne doit être inférieur à IP2X (IEC 60529:1989, IEC 60529:1989/AMD1:1999 et IEC 60529:1989/AMD2:2013).

6.15 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.15 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable pour le matériel d'extérieur. Aucune exigence spéciale n'est donnée pour les lignes de fuite concernant le matériel d'intérieur.

6.16 Étanchéité au gaz et au vide

Le paragraphe 6.16 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.17 Étanchéité des systèmes de liquide

Le paragraphe 6.17 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.18 Risque de feu (inflammabilité)

Le paragraphe 6.18 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.19 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 6.19 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.20 Émission de rayons X

Le paragraphe 6.20 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.21 Corrosion

Le paragraphe 6.21 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.22 Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre

Le paragraphe 6.22 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.101 Manœuvres d'établissement et de coupure

Tous les interrupteurs doivent être conçus de manière à être capables d'établir les circuits correspondant à leur(s) pouvoir(s) d'établissement assigné(s) et à leur(s) pouvoir(s) de coupure assigné(s) (voir 5.113).

Tous les interrupteurs doivent être conçus de manière à être capables de couper, sous la tension assignée de rétablissement, tout courant inférieur ou égal à leurs pouvoirs de coupure assignés.

6.102 Exigences pour les interrupteurs-sectionneurs

Les interrupteurs-sectionneurs doivent, en plus des exigences du présent document, satisfaire aux exigences spécifiées pour les sectionneurs dans l'IEC 62271-102, pour leur fonction de sectionnement.

6.103 Résistance mécanique

Les interrupteurs doivent être capables de supporter les efforts mécaniques sur les bornes comme cela est spécifié par le fabricant, lorsqu'ils sont installés selon les instructions du fabricant, ainsi que les forces électromagnétiques sans réduction de leur fiabilité ou de leur courant admissible.

6.104 Verrouillage de la position

Les interrupteurs ainsi que leurs dispositifs de manœuvre doivent être construits de telle façon qu'ils ne puissent pas quitter leur position ouverte ou fermée par gravité, vibrations, chocs d'importance raisonnable ou contact accidentel sur les bielles de liaison de leurs dispositifs de manœuvre ou sous l'action de forces électromagnétiques.

Les interrupteurs ou leurs dispositifs de manœuvre doivent être conçus de façon à permettre la mise en œuvre de moyens rendant impossibles les manœuvres non autorisées.

6.105 Indication et signalisation de la position

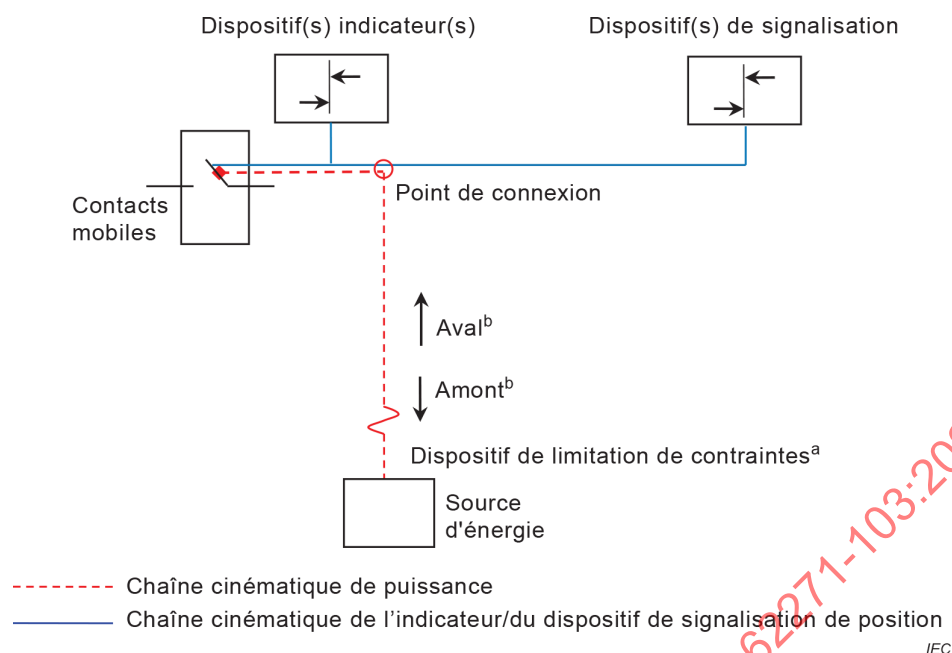
6.105.1 Exigences générales

La position fermée et ouverte ne doit pas être indiquée ni signalée tant que les contacts mobiles n'ont pas atteint leur position respectivement fermée et ouverte.

Pour la définition de "position fermée" et "position ouverte", voir 3.6.109 et 3.6.110 de l'IEC 62271-102:2018.

Pour les définitions relatives à la "chaîne cinématique", voir 3.5.112, 3.5.113 et 3.5.114 de l'IEC 62271-102:2018.

La Figure 1 représente les différents éléments impliqués dans l'indication et la signalisation des positions, ainsi que certaines conditions de conception.



Légende

^a Le dispositif de limitation de contraintes (le cas échéant) peut être un dispositif externe ou interne faisant partie intégrante de la source d'énergie, par exemple le contrôleur du couple (d'effort).

^b "Amont" est la direction vers la source d'énergie, "aval" est la direction vers les contacts.

Figure 1 – Dispositif(s) indicateur(s)/de signalement de position

Le dispositif de limitation de contraintes (le cas échéant) peut être placé en tout point sur la chaîne cinématique de puissance entre la source d'énergie et le point de connexion, mais il ne doit pas se trouver sur la chaîne cinématique d'indicateur/de signalement de position. Voir 6.105.2 et 6.105.3.

Le ou les dispositifs indicateurs de position doivent être fixés directement sur une partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance ou être mécaniquement connectés à celle-ci par l'intermédiaire d'une chaîne cinématique séparée d'indicateur/de signalement de position. Si le dispositif indicateur de position n'est pas directement fixé sur la partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance, la chaîne cinématique indicatrice de position à partir du point de connexion doit être placée à l'intérieur d'une enveloppe assurant un degré minimal de protection équivalent à IP2XC de l'IEC 60529:1989, l'IEC 60529:1989/AMD1:1999 et l'IEC 60529:1989/AMD2:2013, et avec un niveau d'impact IK 07 de l'IEC 62262:2002.

La chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position doit être placée à l'intérieur d'une enveloppe présentant les mêmes niveaux de protection que ceux définis pour la chaîne cinématique indicatrice de position.

6.105.2 Indication de position

Les positions ouverte et fermée des interrupteurs doivent être clairement indiquées. Cette exigence est satisfaite lorsqu'une des conditions suivantes est remplie:

- la distance entre tous les contacts ouverts est visible;
- la position de chaque contact mobile est indiquée par un dispositif indicateur sûr. Si tous les pôles de l'interrupteur manœuvrés sont comme un seul élément, un dispositif indicateur commun peut être utilisé.

La résistance mécanique de la chaîne cinématique entre les contacts mobiles et le dispositif indicateur de position doit être suffisante pour satisfaire aux exigences des essais spécifiés (7.102.6). La chaîne cinématique indicatrice de position doit assurer une manœuvre positive. Le dispositif indicateur de position peut être marqué directement sur une partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance par des moyens adaptés. Le dispositif de limitation de contraintes, le cas échéant, ne doit pas faire partie intégrante de la chaîne cinématique indicatrice de position.

6.105.3 Signalisation de la position au moyen de contacts auxiliaires

Une indication commune pour tous les pôles d'un appareil de connexion doit être donnée uniquement si la position de tous les pôles de l'interrupteur est conforme à 6.105.1.

Il est permis d'utiliser un dispositif de signalisation de position commun uniquement s'il s'agit d'un interrupteur tripolaire manœuvré par un mécanisme de commande commun.

La résistance mécanique de la chaîne cinématique entre les contacts mobiles et le ou les dispositifs de signalisation de position doit être suffisante pour satisfaire aux exigences des essais d'endurance mécanique. La chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position doit assurer une manœuvre positive. Le dispositif de limitation de contraintes, le cas échéant, ne doit pas faire partie intégrante de la chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position.

6.106 Pouvoir de coupure de transformateur à vide

Néanmoins tous les interrupteurs capables de commuter une charge active sont capables de couper les courants de coupure de transformateur à vide. En règle générale, la contrainte associée à cette fonction est négligeable et facilement réalisée par un interrupteur capable d'effectuer des manœuvres de coupure sur charge active.

Compte tenu de la diversité des transformateurs et des circuits associés, il n'est pas possible de définir un pouvoir de coupure assigné de transformateur à vide. En raison de la non-linéarité du noyau du transformateur, il n'est pas possible de modéliser correctement la coupure d'un courant magnétisant de transformateur dans un laboratoire d'essais en utilisant des composants linéaires. Des essais réalisés en utilisant un transformateur disponible sont seulement valides pour le transformateur soumis à l'essai et ne peuvent pas être représentatifs pour d'autres transformateurs. Si un essai spécial est nécessaire, les circuits d'essai et les procédures d'essai doivent être convenus entre le client et le fabricant.

7 Essais de type

7.1 Généralités

7.1.1 Principes fondamentaux

Le paragraphe 7.1.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts et les exceptions indiqués ci-après.

Les essais de type ont pour but de prouver les caractéristiques des interrupteurs à haute tension, de leurs dispositifs de manœuvre et de leurs équipements auxiliaires.

Toutes les tolérances sont définies à l'Annexe A, Tableau A.1.

Les essais de type comprennent ce qui suit:

a) les essais de type normaux:

- essais diélectriques comprenant les essais de choc de foudre, les essais de tenue à la tension à fréquence industrielle;

- mesurage de la résistance du circuit principal;
- essai au courant permanent;
- essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible;
- vérification de la protection;
- essais d'étanchéité;
- essais de compatibilité électromagnétique (CEM);
- essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande;
- procédure d'essai des rayonnements X pour les interrupteurs à vide;
- essais pour prouver l'aptitude de l'interrupteur à établir et couper les courants spécifiés;
- essais pour prouver le bon fonctionnement mécanique et l'endurance, y compris les essais d'environnement.

Tous les essais ci-dessus, sauf indication différente donnée dans les articles correspondants, doivent être effectués sur un interrupteur à haute tension complet (rempli avec les types et quantités spécifiés de liquide, ou de gaz, à la pression spécifiée ou à pression réduite, si exigé), y compris leurs dispositifs de manœuvre et équipements auxiliaires.

- b) les essais de type sur demande spéciale de l'utilisateur:
 - essais pour prouver le bon fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace, tels que définis en 7.102.5;
 - essais pour prouver la bonne tenue de l'isolation externe dans des conditions de pollution de l'air, tels que définis dans l'IEC 60507 [5] pour les isolants en céramique et en verre.

7.1.2 Informations pour l'identification des objets d'essai

Le paragraphe 7.1.2 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essais de type

Le paragraphe 7.1.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

- essai à vide de référence

Au début des essais de type, les caractéristiques mécaniques de l'interrupteur doivent être établies, par exemple en enregistrant des courbes de déplacement à vide. Les caractéristiques mécaniques servent de référence pour les besoins de caractérisation du comportement mécanique de l'interrupteur. Par ailleurs, les caractéristiques mécaniques ne doivent pas présenter de différences significatives dans les différents échantillons utilisés pour les essais de type mécaniques d'établissement, de coupure et de manœuvre, en accord avec les tolérances du fabricant telles que définies en 7.102.1.1. L'essai qui utilise cette référence est désigné essai à vide de référence et les courbes ou autres paramètres qui en résultent sont désignés caractéristiques mécaniques de référence. Les caractéristiques mécaniques de référence doivent être établies selon 7.102.1.1.

7.2 Essais diélectriques

Le paragraphe 7.2 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable avec les exceptions suivantes pour 7.2.9 et 7.2.10.

7.2.9 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Aucun essai de pollution n'est exigé pour le matériel d'intérieur. Le paragraphe 7.2.9 de l'IEC 62271-1:2017 est applicable pour le matériel d'extérieur.

7.2.10 Essai de décharges partielles

Le paragraphe 7.2.10 de l'IEC 62271-1:2017 est remplacé par le suivant:

Aucun essai de décharges partielles n'est exigé sur l'interrupteur à haute tension complet. Cependant, les composants de l'interrupteur doivent satisfaire aux exigences de leur norme IEC correspondante.

7.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Aucun essai de tension de perturbation radioélectrique (RIV - radio interference voltage) n'est exigé.

7.4 Mesurage de la résistance

Le paragraphe 7.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.5 Essais au courant permanent

Le paragraphe 7.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.6 Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible

7.6.1 Généralités

Le paragraphe 7.6.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

Les essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible réalisés à 50 Hz ou 60 Hz, avec un facteur de crête de 2,6, couvrent les deux fréquences pour un réseau à constante de temps en courant continu de 45 ms ou moins.

Les essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible réalisés à 50 Hz ou 60 Hz, avec un facteur de crête de 2,7, couvrent les deux fréquences pour des réseaux à constante de temps en courant continu supérieures à 45 ms.

7.6.2 Disposition de l'appareil et du circuit d'essai

Le paragraphe 7.6.2 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.6.3 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le paragraphe 7.6.3 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.6.4 État de l'objet d'essai après l'essai

Le paragraphe 7.6.4 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.7 Vérification de la protection

Le paragraphe 7.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.8 Essais d'étanchéité

Le paragraphe 7.8 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.9 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Le paragraphe 7.9 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.10 Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande

7.10.1 Généralités

Le paragraphe 7.10.1 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.10.2 Essais fonctionnels

Le paragraphe 7.10.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Si l'essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant selon 7.102.2 est réalisé sur l'interrupteur complet équipé de son unité de commande complète, les essais fonctionnels selon 7.10.2 de l'IEC 62271-1:2017 doivent être considérés comme suffisants et des essais supplémentaires ne sont pas exigés.

7.10.3 Vérification des caractéristiques de fonctionnement des contacts auxiliaires

Le paragraphe 7.10.3 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.10.4 Essais d'environnement

Le paragraphe 7.10.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Si l'essai de fonctionnement mécanique à la température de l'air ambiant selon 7.102.2, les essais à basse et haute températures selon 7.102.3 et, s'il y a lieu, l'essai d'humidité selon 7.102.4 sont réalisés sur l'interrupteur complet équipé de son unité de commande complète, ou pour l'essai d'humidité sur l'appareil de commande respectivement, les essais d'environnement selon 7.10.4 de l'IEC 62271-1:2017 doivent être considérés comme suffisants et des essais supplémentaires ne sont pas exigés.

7.10.5 Essais diélectriques

Le paragraphe 7.10.5 de l'IEC 62271-2:2017 s'applique.

7.11 Essais des rayonnements X pour les interrupteurs à vide

Le paragraphe 7.11 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.101 Essais d'établissement et de coupure

7.101.1 Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général

7.101.1.1 Tableaux des séquences d'essais

Le nombre exigé de manœuvres, tensions d'essai et courants d'essai pour les interrupteurs d'usage général des classes E1, E2 et E3 est donné dans le Tableau 3 pour les essais triphasés et dans le Tableau 4 pour les essais monophasés. Toutes les séquences d'essais, sauf la séquence d'essais TD_{ma} , doivent être effectuées sur le même interrupteur d'usage général, mais l'ordre des essais peut être quelconque. Les essais doivent être effectués sans remise en état de l'interrupteur d'usage général pendant le programme d'essai.

Pour toutes les séquences d'essais de coupure, la séparation de contact doit être aléatoire.

**Tableau 3 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général –
Séquences d'essais en triphasé des interrupteurs d'usage général tripolaires**

		Tension d'essai	Courant d'essai	Nombre de manœuvres d'établissement et de coupure		
Description	Séquence d'essais			Classe E1	Classe E2	Classe E3
Charge principalement active	TD _{load2}	U_r	I_{load}	10	30	100
	TD _{load1}		$0,05 \times I_{load}$	20	20	20
Courant de boucle fermée	TD _{loop}	$0,20 \times U_r$	I_{loop}	10	20	20
Courant de câble à vide	TD _{cc2}	U_r	I_{cc}	10 ^a	10 ^a	10 ^a
	TD _{cc1}		$0,1 \times I_{cc}$ à $0,4 \times I_{cc}$	10 ^a	10 ^a	10 ^a
Courant de ligne à vide	TD _{lc}	U_r	I_{lc}^I	10 ^a	10 ^a	10 ^a
Pouvoir d'établissement en court-circuit	TD _{ma}	U_r	I_{ma}	2 manœuvres d'établissement	3 manœuvres d'établissement	5 manœuvres d'établissement
Courant de défaut à la terre	TD _{ef1}	U_r	I_{ef1}	10	10	10
Courant de câble à vide ou ligne à vide en cas de défaut à la terre	TD _{ef2}	U_r	I_{ef2}	10	10	10
^a Lorsque l'interrupteur est défini comme appartenant à la classe C2 et qu'un réamorçage se produit pendant la séquence d'essais, 7.101.8 est applicable.						

**Tableau 4 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage général –
Essais en monophasé des interrupteurs d'usage général tripolaires actionnés pôle après pôle et des interrupteurs d'usage général unipolaires
utilisés sur des réseaux triphasés**

		Tension d'essai	Courant d'essai	Nombre de manœuvres d'établissement et de coupure		
Description	Séquence d'essais			Classe E1	Classe E2	Classe E3
Charge principalement active	TD _{load2}	$1,5 \times U_r / \sqrt{3}$	I_{load}	5	15	50
	TD _{load2}	U_r^b	$0,87 \times I_{load}^a$	5	15	50
	TD _{load1}	U_r^b	$0,05 \times I_{load}$	20	20	20
Courant de boucle fermée	TD _{loop}	$0,20 \times U_r^b$	I_{loop}	10	20	20
Courant de câble à vide	TD _{cc2}	c	I_{cc}	12 ^d	12 ^d	12 ^d
	TD _{cc1}	c	$0,1 \times I_{cc}$ à $0,4 \times I_{cc}$	12 ^d	12 ^d	12 ^d
Courant de ligne à vide	TD _{lc}	c	I_{lc}^I	12 ^d	12 ^d	12 ^d
Pouvoir d'établissement en court-circuit	TD _{ma}	U_r	I_{ma}	2 manœuvres d'établissement	3 manœuvres d'établissement	5 manœuvres d'établissement
Courant de défaut à la terre	TD _{ef1}	$U_r / \sqrt{3}$	I_{ef1}	10	10	10
Courant de câble à vide ou ligne à vide en cas de défaut à la terre	TD _{ef2}	U_r	I_{ef2}	10	10	10

- a Alternativement, une seule série d'essais à la tension assignée U_r et au courant assigné I_{load} , peut être effectuée, à condition que 10 manœuvres soient réalisées pour les interrupteurs d'usage général de classe E1, 30 pour les interrupteurs d'usage général de classe E2 et 100 pour les interrupteurs d'usage général de classe E3.
- b Les valeurs de crête de la TTR doivent être $\sqrt{3}/1,5$ fois les valeurs indiquées dans le Tableau 8 et le Tableau 9.
- c La tension d'essai est celle définie au 7.101.7.3.2 pour les réseaux à neutre non effectivement relié à la terre.
- d Lorsque l'interrupteur est défini comme appartenant à la classe C2 et qu'un réamorçage se produit pendant la séquence d'essais, 7.101.8 est applicable.

7.101.1.2 Séquences d'essais d'établissement en court-circuit

Les essais d'établissement en court-circuit doivent être effectués sur un interrupteur qui a été soumis à au moins 10 cycles d'établissement-coupeure à 100 % de charge principalement active comme cela est exigé pour la séquence d'essais TD_{load2} . Si les manœuvres d'établissement et de coupeure sont réalisées par des contacts séparés ou des zones de contact séparées, la séquence d'essais TD_{ma} peut être effectuée sur un interrupteur neuf.

Pour les interrupteurs de classe E1, les essais doivent être réalisés avec une séquence de 2 manœuvres C séparées par une manœuvre à vide O, c'est-à-dire C – O (à vide) – C.

Pour les interrupteurs de classe E2, la séquence d'essais est $2C - x - 1C$, où x représente des essais de coupeure arbitraire, ou même les essais à vide.

Pour les interrupteurs de classe E3, la séquence d'essais est $2C - x - 1C - y - 2C$, où x et y représentent des essais de coupeure arbitraire, ou même les essais à vide.

Pour les interrupteurs de classe E2 et de classe E3, les manœuvres $2C$ consistent en C – O (à vide) – C.

L'interrupteur doit être capable d'établir le courant avec préarc survenant à n'importe quel endroit sur l'onde de tension. Deux cas extrêmes sont spécifiés comme suit:

- a) établissement à la crête de l'onde de tension, conduisant à un courant de court-circuit symétrique et à la durée de préarc la plus longue. L'établissement doit se produire à moins de $-30 / +15$ degrés électriques de la tension de crête;
- b) établissement au zéro de l'onde de tension, sans préarc, conduisant à un courant de court-circuit asymétrique maximal.

Pendant la séquence d'essais d'établissement en court-circuit, les deux exigences a) et b) doivent être satisfaites une fois pour les interrupteurs de classe E1, une fois pour les interrupteurs de classe E2 et deux fois pour les interrupteurs de classe E3.

Si, du fait de la longue durée de préarc, il n'est pas possible d'obtenir le pouvoir d'établissement assigné en court-circuit exigé à la tension assignée, il peut être nécessaire de réaliser des essais à tension réduite afin d'obtenir le courant de court-circuit totalement asymétrique décrit en 7.101.6.4.

Si les exigences a) et b) ne sont pas satisfaites dans les limites spécifiées du nombre d'essais, il est admis de réaliser des essais supplémentaires sur le même interrupteur. Si l'interrupteur échoue pendant ces essais supplémentaires, il est admis que le fabricant soumette un interrupteur neuf à de nouveaux essais d'établissement en court-circuit.

NOTE L'éventuel comportement aléatoire de l'interrupteur pendant les essais d'établissement en court-circuit justifie la tolérance à la répétition des essais.

7.101.1.3 Séquences d'essais d'établissement et de coupure

Des cycles d'établissement et de coupure doivent être effectués pour les séquences d'essais TD_{load} , TD_{loop} , TD_{cc} , TD_{lc} , TD_{ef1} et TD_{ef2} . La manœuvre de coupure doit suivre la manœuvre d'établissement avec un retard entre les deux manœuvres au moins suffisant pour que tout courant transitoire disparaisse. Les manœuvres de coupure et d'établissement peuvent être séparées lorsque la conception de l'interrupteur ou les limitations de la station d'essai l'exigent. Pour des raisons de commodité, des manœuvres d'établissement et de coupure peuvent également être effectuées. Les courants coupés doivent être conformes à 7.101.6.3.

Lorsque les paramètres de TTR obtenus dans la séquence d'essais TD_{load2} sont égaux ou plus sévères que les paramètres de TTR exigés pour la séquence d'essais TD_{loop} , il n'est pas nécessaire d'effectuer la séquence d'essais TD_{loop} , à condition que 10 manœuvres supplémentaires, pour les interrupteurs de classe E1, ou 20 manœuvres supplémentaires, pour les interrupteurs de classe E2 et de classe E3, soient effectuées pour la séquence d'essais TD_{load2} , avec l'accord du fabricant.

NOTE À condition que les exigences de TTR ci-dessus soient prises en considération, les différents facteurs de puissance des deux circuits d'essai décrits en 7.101.7.1 et 7.101.7.2.2 n'ont aucun impact sur le pouvoir de coupure.

La TTR de la séquence d'essais TD_{load2} a la même crête et un taux d'accroissement plus élevé si:

- l'impédance du côté de la source est supérieure ou égale à 20 % de l'impédance totale;
- ou si la TTR est ajustée avec un facteur d'amplitude augmenté, par exemple $(20/15) \times 1,4$ dans le cas où l'impédance du côté de la source est de 15 %.

7.101.2 Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage limité

Les essais spécifiés pour les interrupteurs d'usage général de 7.101.1 doivent être utilisés en supprimant les séquences d'essais pour lesquelles l'interrupteur n'a pas de caractéristiques assignées ou en diminuant les valeurs d'essais selon les caractéristiques assignées réduites. Le nombre minimal de manœuvres exigé pour chaque séquence d'essais doit être choisi pour les interrupteurs d'usage général de classe E1 du Tableau 3 ou du Tableau 4.

7.101.3 Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial

Les interrupteurs d'usage spécial doivent être soumis à l'essai selon au moins un des essais définis dans le Tableau 5 pour les essais triphasés et dans le Tableau 6 pour les essais monophasés.

Les interrupteurs d'usage spécial doivent aussi être soumis à l'essai selon les essais spécifiés pour les interrupteurs d'usage général (7.101.1) en supprimant les séquences d'essais pour lesquelles l'interrupteur n'a pas de caractéristiques assignées. Le nombre minimal de manœuvres exigé pour chaque séquence d'essais doit être choisi pour les interrupteurs d'usage général de classe E1 du Tableau 3 ou du Tableau 4.

Des cycles d'établissement et de coupure doivent être effectués pour toutes les séquences d'essais. La manœuvre de coupure doit suivre la manœuvre d'établissement avec un retard entre les deux manœuvres au moins suffisant pour que tout courant transitoire disparaisse. Les manœuvres de coupure et d'établissement peuvent être séparées lorsque la conception de l'interrupteur ou les limitations de la station d'essai l'exigent. L'intervalle de temps entre l'établissement et la coupure ne doit généralement pas dépasser 3 min. Pour des raisons de commodité, des manœuvres de coupure - établissement peuvent également être effectuées. Les courants coupés doivent être conformes à 7.101.6.3.

Pour toutes les séquences d'essais de coupure, la séparation de contact doit être aléatoire.

Tableau 5 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial – Essais en triphasé des interrupteurs tripolaires à manœuvre simultanée

Séquence d'essais		Tension d'essai	Courant d'essai	Nombre de cycles de manœuvre
Description	Séquence d'essais			
Pouvoir de coupure de transformateurs en parallèle	TD _{pptr}	$0,15 \times U_r$	I_{pptr}	10
Pouvoir de coupure de batterie unique de condensateurs	TD _{sb2}	U_r	I_{sb}	10^b
	TD _{sb1}		$0,1 \times I_{sb}$ à $0,4 \times I_{sb}$	10^b
Pouvoir de coupure et pouvoir d'établissement de batterie de condensateurs à gradins	TD _{bb2}	U_r	I_{bb}	10^b
	TD _{bb1}		$0,1 \times I_{bb}$ à $0,4 \times I_{bb}$	10^b
Moteur	TD _{mot}	a	a	a
^a Voir l'IEC 62271-110:2017, 4.3. ^b Lorsque l'interrupteur est défini comme appartenant à la classe C2 et qu'un réamorçage se produit pendant la séquence d'essais, 7.101.8 est applicable.				

Tableau 6 – Séquences d'essais pour les interrupteurs d'usage spécial – Essais monophasés sur des interrupteurs tripolaires à manœuvre pôle après pôle et des interrupteurs monophasés utilisés dans des réseaux triphasés

		Tension d'essai	Courant d'essai	Nombre de cycles de manœuvre
Description	Séquence d'essais			
Pouvoir de coupure de transformateurs en parallèle	TD _{pptr}	$0,15 \times U_r^a$	I_{pptr}	10
Pouvoir de coupure de batterie unique de condensateurs	TD _{sb2}	b	I_{sb}	12^e
	TD _{sb1}	b	$0,1 \times I_{sb}$ à $0,4 \times I_{sb}$	12^e
Batterie de condensateurs à gradins	TD _{bb2}	b	I_{bb}	$12^{c, e}$
	TD _{bb1}	b	$0,1 \times I_{bb}$ à $0,4 \times I_{bb}$	12^e
Moteur	TD _{mot}	d	d	d
^a Les valeurs de crête de la TTR doivent être $\sqrt{3}/1,5$ fois les valeurs indiquées dans le Tableau 10. ^b Le fabricant doit choisir un circuit d'essai représentatif de l'application envisagée. La tension d'essai est définie en 7.101.7.3.2. ^c Au moins trois manœuvres d'établissement doivent être réalisées à moins de 25 degrés électriques de la crête de tension. ^d Voir le 4.3 de l'IEC 62271-110:2017. ^e Lorsque l'interrupteur est défini comme appartenant à la classe C2 et qu'un réamorçage se produit pendant la séquence d'essais, 7.101.8 est applicable.				

7.101.4 Disposition de l'interrupteur pour les essais

L'interrupteur à l'essai doit être monté complètement sur le support qui lui est destiné ou sur un support équivalent. Son dispositif de manœuvre doit être actionné dans les conditions spécifiées et en particulier, s'il est à commande électrique ou pneumatique, il doit être manœuvré respectivement sous la tension minimale ou sous la pression minimale.

Avant de commencer les essais d'établissement et de coupure, des manœuvres à vide doivent être effectuées et les informations détaillées relatives au fonctionnement de l'interrupteur telles

que la vitesse de déplacement, la durée d'établissement et la durée de coupure doivent être enregistrées.

S'il y a lieu, les essais doivent être effectués à la pression de fonctionnement minimale pour l'isolation et/ou la coupure.

Les interrupteurs à manœuvre manuelle indépendante peuvent être manœuvrés par un dispositif prévu pour permettre le contrôle à distance.

Les effets de l'alimentation par l'une ou l'autre des bornes de l'interrupteur doivent être pris en considération.

L'interrupteur doit être alimenté ou mis sous tension comme en service.

Lorsque l'interrupteur en service peut être alimenté par les deux côtés, les conditions suivantes s'appliquent:

- pour TD_{load2} , si la disposition physique d'un côté de l'interrupteur est différente de celle de l'autre côté, 50 % du nombre total des manœuvres d'établissement et de coupure de chaque essai doivent être effectués avec le côté alimentation du circuit d'essai raccordé à une borne de l'interrupteur et les 50 % restants doivent être effectués avec l'alimentation raccordée à l'autre borne. Si la disposition des contacts est symétrique des deux côtés de l'interrupteur, TD_{load2} peut être réalisé sur un seul côté;
- pour les autres essais d'établissement et de coupure et pour TD_{ma} , l'interrupteur doit être alimenté par le même côté, à la convenance du laboratoire.

Les essais d'établissement et de coupure sur des interrupteurs tripolaires doivent être effectués en triphasé sauf, si besoin, pour les essais de coupure de courant capacitif. Les essais d'établissement et de coupure sur des interrupteurs tripolaires actionnés pôle après pôle, ou des interrupteurs unipolaires utilisés sur des réseaux triphasés, peuvent être effectués en circuit monophasé lorsque les interrupteurs disposent d'enveloppes monophasées.

Pour les interrupteurs généralement installés dans une enveloppe métallique et produisant des flammes ou des particules métalliques pendant la coupure ou l'établissement, la procédure suivante est exigée. Les essais doivent être effectués avec l'interrupteur monté dans l'enveloppe métallique ou avec des écrans métalliques placés au voisinage des parties actives, et séparés de celles-ci par une distance que le fabricant doit spécifier. Les écrans, châssis ou autres parties généralement reliées à la terre doivent être isolés, puis reliés à la terre à travers un dispositif indicateur de courant. Le dispositif indicateur de courant peut être un fusible consistant en un fil de cuivre de 0,1 mm de diamètre et 5 cm de longueur, ou un raccordement à la terre par un capteur pour mesurer le courant. Le fil fusible peut aussi être raccordé au secondaire d'un transformateur de courant de rapport 1:1. Il convient que les bornes du transformateur de courant soient protégées par un éclateur ou un parasurtenseur. Par hypothèse, il n'y a pas eu de courant de fuite significatif si le fil est intact après l'essai ou si l'intégrale Joule du courant de fuite est inférieure à 5 A²s depuis la formation de l'arc jusqu'à 100 ms.

7.101.5 Mise à la terre du circuit d'essai et de l'interrupteur

Les essais d'établissement et de coupure, à l'exception des essais de coupure de courant capacitif, effectués sur des interrupteurs tripolaires, doivent être effectués en utilisant un circuit d'essai triphasé avec soit le point neutre de l'alimentation relié à la terre, soit le point neutre de la charge relié à la terre. Dans l'un ou l'autre cas, le châssis de l'interrupteur doit être relié à la terre.

Pour les essais de coupure monophasés sur des interrupteurs tripolaires actionnés pôle après pôle, ou pour les essais sur des interrupteurs unipolaires utilisés sur des réseaux triphasés, les essais doivent être effectués avec une borne du pôle à soumettre à l'essai raccordée à

l'alimentation et l'autre borne raccordée à la charge. La connexion commune à la charge et à l'alimentation peut être reliée à la terre comme cela est indiqué à la Figure 3 et à la Figure 5, par exemple. Pour les circuits d'essai capacitifs, voir 7.101.7.3.4 et 7.101.7.3.5.

Les raccordements utilisés pour tous les essais doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

7.101.6 Paramètres d'essai

7.101.6.1 Fréquence d'essai

Les interrupteurs doivent être soumis à l'essai à la fréquence assignée avec une tolérance telle que spécifiée dans le Tableau A.1.

Les interrupteurs peuvent être soumis à l'essai à 50 Hz ou 60 Hz pour couvrir les deux fréquences dans les conditions d'essai indiquées dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Récapitulatif des conditions pour combiner les essais et les procédures alternatives

Séquence d'essais	Réalisés à 50 Hz et également valables à 60 Hz	Réalisés à 60 Hz et également valables à 50 Hz
TD_{load2} , TD_{loop}	Si au moins 10 manœuvres sont réalisées avec un courant augmenté d'un facteur de 1,2 pour chaque séquence d'essai spécifique. ^{a b c}	Oui, si le nombre d'essais est augmenté de 10 %.
TD_{load1} , TD_{pptr}	Oui	Oui
TD_{cc2} , TD_{cc1} , TD_{lc} , TD_{sb2} , TD_{sb1} , TD_{bb2} , TD_{bb1}	Si la tension de rétablissement présumée satisfait aux exigences pour 60 Hz selon 7.101.7.3.9. ^d	Oui
TD_{ef1} , TD_{ef2}	Si la tension de rétablissement présumée satisfait aux exigences pour 60 Hz selon les paramètres indiqués pour TD_{cc2} , TD_{lc} dans le Tableau 11. ^d	Oui
TD_{ma}	Oui, si le facteur de crête 60 Hz est utilisé	Oui
^a Dans le cas des interrupteurs E2 ou E3, les manœuvres restantes doivent être réalisées avec la charge principalement active assignée. Par ailleurs, les manœuvres avec un courant augmenté peuvent également être réalisées sur un objet d'essai supplémentaire. ^b Au lieu d'augmenter le courant, pour les interrupteurs de classe E2 et de classe E3, il est acceptable de procéder à au moins 10 manœuvres à 60 Hz. ^c Le facteur 1,2 reflète le di/dt maximal à 60 Hz. ^d Parmi d'autres possibilités, une impédance de source augmentée ou des essais effectués avec une tension d'essai d'au moins 1,44 fois la tension assignée de l'interrupteur couvrent également ces exigences.		

7.101.6.2 Tension d'essai pour les essais de coupure

La tension d'essai à fréquence industrielle pour les essais de coupure est indiquée du Tableau 3 au Tableau 6.

La tension d'essai doit être mesurée immédiatement après la coupure, à l'exception des charges capacitives pour lesquelles la tension est mesurée juste avant l'ouverture des contacts. La tension doit être mesurée aussi près que possible des bornes de l'interrupteur, c'est-à-dire sans impédance appréciable entre le point de mesure et les bornes. Pour les essais triphasés, la tension d'essai doit être exprimée comme la moyenne des tensions d'essai entre phases. La tolérance pour la tension d'essai entre deux phases quelconques est donnée dans le

Tableau A.1. La tension d'essai à fréquence industrielle doit être maintenue pendant au moins 0,3 s après l'extinction de l'arc.

7.101.6.3 Courant coupé

Les courants applicables aux essais de coupure sont indiqués du Tableau 3 au Tableau 6.

Le courant à interrompre doit être symétrique avec un décrétement négligeable. Les contacts de l'interrupteur ne doivent pas être séparés tant que les courants transitoires dus à l'établissement du circuit n'ont pas disparu.

NOTE La valeur de la composante en courant continu du courant coupé est considérée comme négligeable lorsque la composante en courant continu est inférieure ou égale à 20 %.

La différence entre la moyenne du courant et les valeurs obtenues dans chaque pôle ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le Tableau A.1.

Il convient que la forme d'onde du courant d'essai pour les essais de coupure de courant capacitif soit sinusoïdale. Cette exigence est satisfaite si le rapport entre la valeur efficace du courant total et la valeur efficace de la composante fondamentale ne dépasse pas 1,2. Le courant à couper ne doit pas passer par zéro plus d'une fois par demi-cycle de la fréquence industrielle.

Le pouvoir de coupure doit être spécifié par ce qui suit:

- a) la tension d'essai;
- b) les courants coupés;
- c) le facteur de puissance côté alimentation et côté charge;
- d) le circuit d'essai;
- e) les paramètres de la tension transitoire de rétablissement;
- f) le nombre de cycles de manœuvres d'établissement et de coupure.

7.101.6.4 Tension d'essai pour les essais d'établissement en court-circuit

7.101.6.4.1 Généralités

Les tensions d'essai à la fréquence industrielle pour les essais d'établissement en court-circuit sont présentées dans le Tableau 3 et le Tableau 4. La tolérance pour la tension d'essai entre deux phases quelconques est donnée dans le Tableau A.1.

7.101.6.4.2 Essais synthétiques alternatifs

Lorsque les limitations d'essai de laboratoire rendent difficile la réalisation d'essais directs à la tension assignée et au courant assigné, un circuit d'établissement synthétique peut être utilisé pour générer la tension d'essai exigée depuis une source d'alimentation et le pouvoir d'établissement assigné depuis une deuxième source d'alimentation.

7.101.6.4.3 Essais alternatifs à tension réduite

D'autres essais directs peuvent être réalisés à une tension d'essai réduite, en assurant que la période de préarc à la tension d'essai réduite ne soit pas plus courte que la période à la tension assignée.

En fonction de la technologie de l'interrupteur, différents dispositifs pour les essais d'établissement en court-circuit à tension réduite peuvent être utilisés:

- dans la mesure du possible, le préarc peut être initié par un fil fusible mince et rigide fixé au contact fixe de chaque pôle pour les essais triphasés;

- pour les interrupteurs à pouvoir de coupure sous gaz, les essais d'établissement en court-circuit peuvent être réalisés à l'air ou au gaz, à pression réduite. La tension d'essai doit être réduite dans la même proportion que la différence de la distance de contournement de l'air ou du gaz isolant à la pression minimale assignée. Les caractéristiques mécaniques doivent être dans les limites des tolérances du fabricant telles que définies en 7.102.1.1.

Avant de réaliser les essais d'établissement en court-circuit à tension réduite, la durée de préarc moyenne à la tension assignée et son écart-type doivent être déterminés.

Ces valeurs peuvent être calculées à partir de 10 manœuvres d'établissement dans les limites de 15° de la tension de crête, issues d'autres séquences d'essais avec le même type d'interrupteur ou à défaut, à partir d'essais d'établissement supplémentaires, réalisés à courant réduit dans la plage comprise entre 1 A et 50 A, ne risquant pas de provoquer une érosion préjudiciable des contacts.

Pendant les essais d'établissement en court-circuit à tension réduite, la durée de préarc ne doit pas être inférieure à la durée de préarc moyenne calculée ci-dessus plus deux fois son écart-type, afin de satisfaire à l'exigence de a) décrite en 7.101.1.2.

7.101.6.4.4 Pouvoir d'établissement en court-circuit

L'essai de pouvoir d'établissement en court-circuit doit être réalisé en utilisant un courant avec un pouvoir d'établissement de court-circuit assigné (I_{ma}) comme valeur de crête et la valeur efficace de la composante périodique du courant symétrique. La valeur efficace de la composante périodique du courant dans chaque phase à 0,2 s doit être au moins égale à 80 % du courant de courte durée admissible assigné. La durée du courant de court-circuit doit être au moins égale à 0,2 s.

Un interrupteur d'usage général doit être capable de fonctionner à des tensions inférieures à sa tension assignée à laquelle il peut réellement établir un courant totalement asymétrique. Cela est démontré en atteignant la valeur de pouvoir d'établissement assigné en court-circuit pendant les essais d'établissement en court-circuit.

La vérification du pouvoir d'établissement en court-circuit doit être déterminée par les points suivants:

- a) la tension d'essai;
- b) le pouvoir d'établissement exprimé en valeur de crête pour le courant asymétrique et en valeur efficace de la composante périodique pour le courant symétrique;
- c) la durée du courant de court-circuit;
- d) le circuit d'essai;
- e) le nombre de manœuvres d'établissement.

Les essais de pouvoir d'établissement en court-circuit réalisés à 50 Hz ou 60 Hz, avec un facteur de crête de 2,6, couvrent les deux fréquences pour un réseau à constante de temps en courant continu de 45 ms ou moins.

Les essais de pouvoir d'établissement en court-circuit réalisés à 50 Hz ou 60 Hz, avec un facteur de crête de 2,7, couvrent les deux fréquences pour des constantes de temps en courant continu supérieures à 45 ms.

7.101.7 Circuits d'essai

7.101.7.1 Circuit de charge principalement active (séquence d'essais TD_{load})

Les circuits d'essai de la Figure 2 et de la Figure 3 consistent en un circuit d'alimentation et un circuit de charge. Le circuit d'alimentation, comprenant l'impédance totale en série qui lui est associée, doit être constitué de réactances et de résistances connectées en série et doit avoir

un facteur de puissance tel qu'indiqué à la Figure 2 et la Figure 3. L'impédance du circuit d'alimentation doit être égale à $(15 \pm 3) \%$ de l'impédance totale du circuit d'essai pour la séquence d'essais TD_{load} (à 100 % du courant assigné). La même impédance du circuit d'alimentation doit être utilisée pour tous les essais à 5 % du courant assigné.

L'impédance représentant le circuit du côté de l'alimentation doit être raccordée au côté de l'alimentation de l'interrupteur. La tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'alimentation, dans les conditions d'un défaut aux bornes, ne doit pas être moins sévère que celle spécifiée dans le Tableau 8. Le circuit de charge doit avoir un facteur de puissance tel qu'indiqué à la Figure 2 et la Figure 3 et doit être composé d'inductances et de résistances connectées en parallèle.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

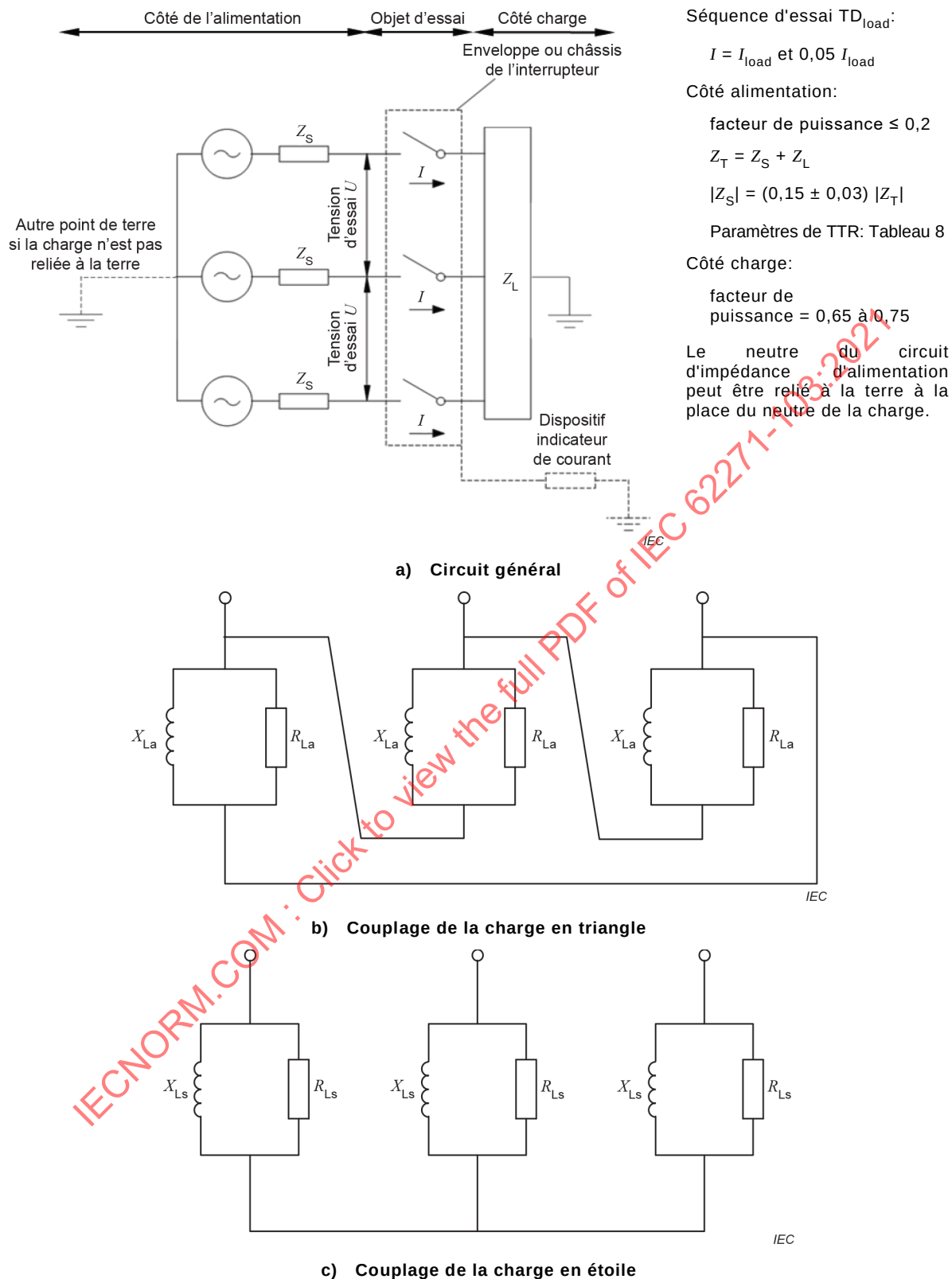
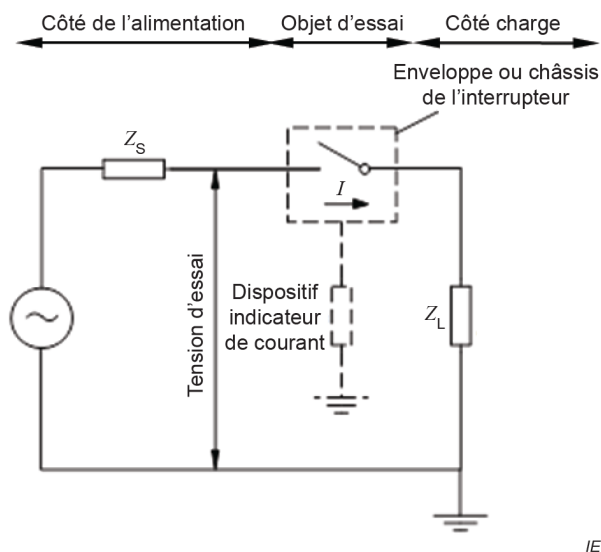


Figure 2 – Circuit triphasé pour les essais d'établissement et de coupure de courant de charge principalement active, pour la séquence d'essais TD_{load}



Tension et courant d'essai définis dans le Tableau 4

Côté alimentation:

facteur de puissance: $\leq 0,2$

$$Z_T = Z_S + Z_L$$

$$|Z_S| = (0,15 \pm 0,03) |Z_T|$$

paramètres de TTR: Tableau 8 et note de bas de page 'b' du Tableau 4.

Côté charge:

facteur de puissance = 0,65 à 0,75

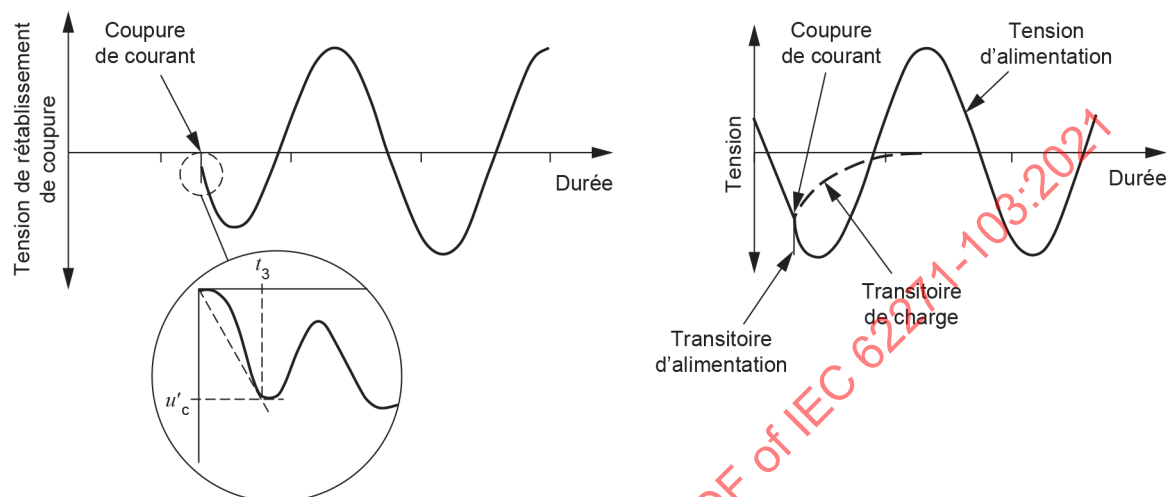
Figure 3 – Circuit d'essai monophasé pour les essais d'établissement et de coupure de courant de charge principalement active, pour la séquence d'essais TD_{load}

Tableau 8 – Paramètres de TTR du circuit d'alimentation pour les essais de coupure de charge principalement active^a

Tension assignée U_r kV	Paramètres de TTR du circuit d'alimentation	
	Tension de crête u_c kV	Paramètre temps t_3 µs
3,6	6,2	40
4,76 ^b	8,2	40
7,2	12,3	52
8,25 ^b	14,1	52
12	20,6	60
15 ^b	25,7	72
15,5 ^b	26,5	72
17,5	30	72
24	41	88
25,8 ^b	44,2	88
27 ^b	46,2	88
36	62	108
38 ^b	65,1	108
40,5	69,4	116
48,3 ^b	82,8	132
52	89,2	138

- a TTR présumée côté alimentation dans les conditions d'un défaut de borne dans un réseau à neutre non effectivement relié à la terre.
- b Fondé sur la pratique courante dans certains pays, y compris les USA.

NOTE 1 Les composantes de la tension transitoire du côté de l'alimentation et du côté de la charge sont représentées ci-dessous. La valeur de crête de la tension transitoire de rétablissement de l'interrupteur, u'_c comme indiqué, est approximativement égale à 15 % de u_c approximativement à la durée t_3 . La valeur de crête réelle u'_c et le temps mis pour l'atteindre dépendent du facteur de puissance du circuit de charge, de l'impédance série et du contrôle de TTR du circuit d'alimentation.



IEC

NOTE 2 L'impédance série d'alimentation est égale à $(15 \pm 3) \%$ de l'impédance totale avec un facteur de puissance inférieur ou égal à 0,2. La charge est constituée de résistances et d'inductances en parallèle. La TTR du côté de la charge est une tension exponentiellement décroissante dont la valeur de crête est déterminée par le facteur de puissance de la charge. Ainsi, la TTR du côté de la charge est complètement déterminée par le circuit de charge et il n'est pas nécessaire de la spécifier.

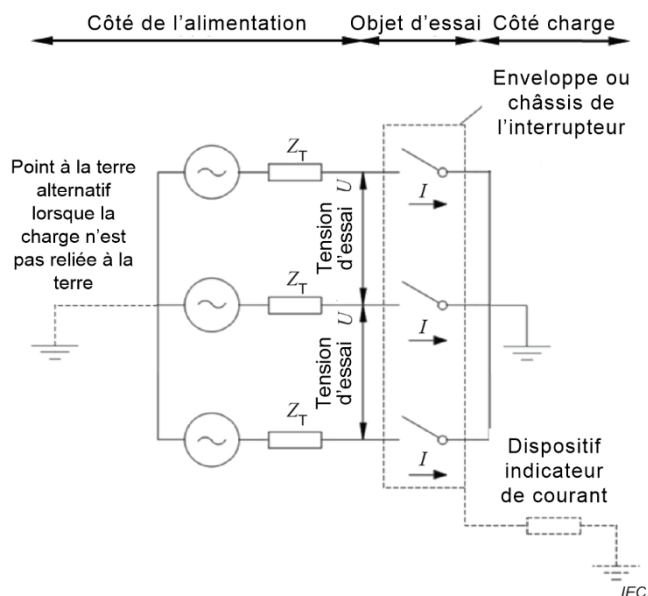
NOTE 3 Le facteur de premier pôle k_{pp} utilisé dans le tableau est de 1,5 pour les réseaux à neutre non effectivement relié à la terre et couvre les réseaux à neutre effectivement relié à la terre. Le facteur d'amplitude k_{af} est par hypothèse de 1,4.

$$u_c = U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times k_{pp} \times k_{af}$$

7.101.7.2 Circuits de boucle fermée

7.101.7.2.1 Circuit d'essai de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle

Les circuits d'essai de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle sont définis à la Figure 4 et à la Figure 5.



$$Z_T = Z_S + Z_L$$

Séquence d'essais TD_{loop} – Circuit de lignes:

tension d'essai = 0,20 U_r

courant d'essai = I_{loop}

facteur de puissance ≤ 0,3

Paramètres de TTR: Tableau 9

Séquence d'essais TD_{ppt} – Circuit de transformateurs de puissance en parallèle:

tension d'essai = 0,15 U_r

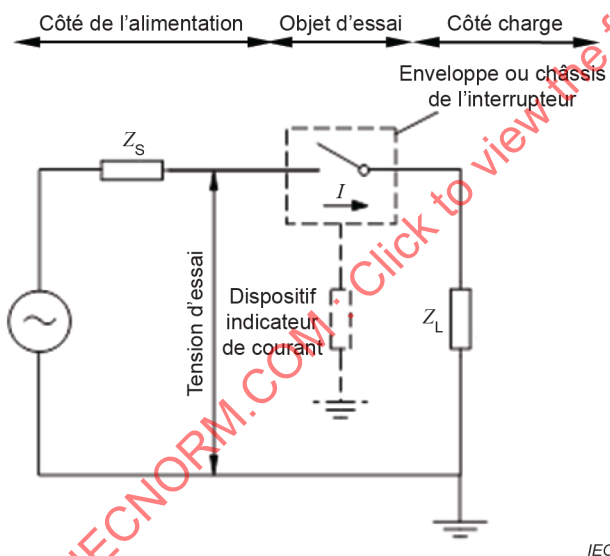
courant d'essai = I_{ppt}

facteur de puissance ≤ 0,2

Paramètres de TTR: Tableau 10

Le neutre de l'alimentation peut être relié à la terre à la place de la connexion commune du côté de l'interrupteur

Figure 4 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de courant de boucle fermée de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle, séquences d'essais TD_{loop} et TD_{ppt}



$$Z_T = Z_S + Z_L$$

Séquence d'essais TD_{loop} – Circuit de lignes:

tension et courant d'essai définis dans le Tableau 4

facteur de puissance ≤ 0,3

Paramètres de TTR: note de bas de page 'b' du Tableau 4,

Séquence d'essais TD_{ppt} – Circuit de transformateurs de puissance en parallèle:

tension et courant d'essai définis dans le Tableau 6

facteur de puissance ≤ 0,2

paramètres de TTR: note de bas de page 'a' du Tableau 6

Figure 5 – Circuit monophasé pour les essais de coupure de courant de boucle fermée de lignes de distribution et de transformateurs en parallèle, séquences d'essais TD_{loop} et TD_{ppt}

7.101.7.2.2 Circuit de ligne de distribution (séquence d'essais TD_{loop})

Les circuits d'essai de la Figure 4 et de la Figure 5 doivent avoir des réactances et des résistances raccordées en série et un facteur de puissance tel qu'indiqué à la Figure 4 et la Figure 5. L'impédance de charge (Z_L) peut être du côté source de l'interrupteur, du côté charge ou répartie. Si l'impédance de charge est du côté charge, l'impédance du côté alimentation (Z_S) doit être aussi faible que possible, sans toutefois que le courant de court-circuit excède le pouvoir d'établissement de l'interrupteur. Les tensions transitoires de rétablissement présumées aux bornes de l'interrupteur ne doivent pas être moins sévères que celles spécifiées dans le Tableau 9.

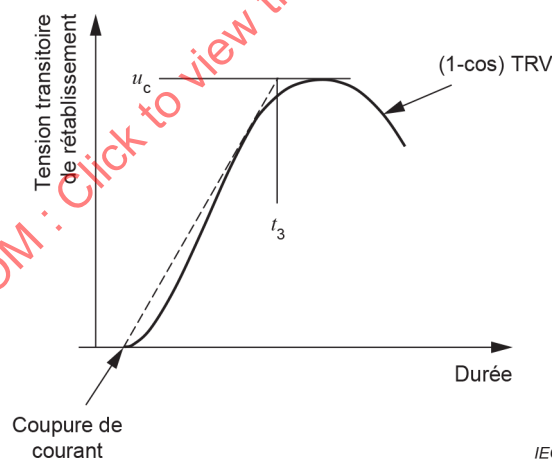
La tension d'essai entre phases en circuit ouvert pour les essais triphasés est telle qu'indiquée dans le Tableau 3. Les tensions d'essai pour les essais monophasés sur les interrupteurs tripolaires actionnés pôle après pôle ou les interrupteurs unipolaires utilisés sur des réseaux triphasés, sont indiquées dans le Tableau 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-103:2021

Tableau 9 – Paramètres de TTR pour les essais de coupure en boucle fermée de lignes de distribution

Tension assignée	Tension de crête	Paramètre temps
U_r	U_c	t_3
kV	kV	µs
3,6	1,2	110
4,76 ^a	1,7	110
7,2	2,4	110
8,25 ^a	2,9	110
12	4,1	150
15 ^a	5,1	200
15,5 ^a	5,3	200
17,5	6,0	200
24	8,3	250
25,8 ^a	8,9	250
27 ^a	9,4	250
36	12,3	310
38 ^a	13,1	310
40,5	13,9	320
48,3 ^a	16,5	350
52	17,8	370

NOTE 1 La tension transitoire de rétablissement spécifiée aux bornes de l'interrupteur a une forme (1-cos). Une tension transitoire type est représentée ci-dessous.



NOTE 2 La tension d'essai entre phases en circuit ouvert et en régime établi est égale à 20 % de la tension assignée. u_c correspond à un réseau ayant un facteur de premier pôle qui coupe k_{pp} égal à 1,5 et un facteur d'amplitude égal à 1,4.

$$u_c = U_r \times (0,20) \times \sqrt{\frac{2}{3}} \times 1,5 \times 1,4$$

^a Fondé sur la pratique courante dans certains pays, y compris les USA.

7.101.7.2.3 Circuit de transformateurs de puissance en parallèle (séquence d'essais TD_{ppt})

Les circuits d'essai de la Figure 4 et de la Figure 5 doivent avoir des réactances et des résistances raccordées en série et un facteur de puissance tel qu'indiqué à la Figure 4 et la

Figure 5. Les tensions transitoires de rétablissement présumées ne doivent pas être moins sévères que celles spécifiées dans le Tableau 10.

La tension d'essai entre phases en circuit ouvert pour les essais triphasés sur des interrupteurs tripolaires est telle qu'indiquée dans le Tableau 5. Les tensions d'essai pour les essais monophasés sur les interrupteurs tripolaires actionnés pôle après pôle ou les interrupteurs unipolaires utilisés sur des réseaux triphasés, sont indiquées dans le Tableau 6.

Tableau 10 – Paramètres de TTR pour les essais de coupure de transformateurs de puissance en parallèle

Tension assignée	Tension de crête	Paramètre temps t_3^a
U_r	u_c	facteur K
kV	kV	
3,6	0,6	0,25
4,76 ^b	0,7	0,28
7,2	1,1	0,35
8,25 ^b	1,3	0,38
12	1,9	0,45
15 ^b	2,3	0,50
15,5 ^b	2,4	0,51
17,5	2,7	0,55
24	3,7	0,63
25,8 ^b	4,0	0,67
27 ^b	4,2	0,68
36	5,6	0,78
38 ^b	5,9	0,80
40,5	6,3	0,82
48,3 ^b	7,5	0,90
52	8,1	0,93

NOTE 1 La tension transitoire de rétablissement aux bornes de l'interrupteur a une forme $(1-\cos)$ et les valeurs s'appliquent au premier pôle qui coupe.

NOTE 2 Le facteur de premier pôle k_{pp} est de 1,5. Le facteur d'amplitude est par hypothèse égal à 1,7 selon l'IEC 62271-100:2017 [6] pour la séquence d'essais en court-circuit T10 des disjoncteurs de Classe S1. Il est pris pour hypothèse que deux transformateurs de puissance sont en parallèle avec le transformateur à mettre sous tension. La TTR est principalement due au transformateur à mettre sous tension. Cela implique que la tension transitoire de rétablissement correspond à la moitié seulement de la tension de rétablissement en régime établi.

$$u_c = \frac{U_r \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times 1,5 \times 1,7 \times \frac{0,15}{2}$$

^a Le paramètre temps est calculé par $t_3 = K \sqrt{\frac{1480+600I}{6,7I}}$, où t_3 est exprimé en microsecondes et I est le courant d'essai en kA. Le facteur K et la formule pour t_3 sont dérivés des fréquences de tension transitoire de rétablissement obtenues par injection de courant à basse tension des transformateurs. La fréquence est typique des transformateurs de puissance ayant un courant assigné proche du courant d'essai et une impédance de 15 % en refroidissement forcé.

^b Fondé sur la pratique courante dans certains pays, y compris les USA.

7.101.7.3 Circuits capacitifs (séquences d'essais TD_{cc} , TD_{lc} , TD_{sb} , TD_{bb})

7.101.7.3.1 Généralités

Les essais sont généralement effectués en laboratoire. Cependant, des essais sur site peuvent également être effectués. Pour les essais sur site, les lignes, câbles et batteries de condensateurs réels doivent être utilisés.

Pour les essais en laboratoire, les lignes ou câbles peuvent être en partie ou totalement remplacés par des circuits artificiels avec des éléments localisés consistant en des condensateurs, inductances ou résistances.

Si les essais sont réalisés à 50 Hz pour couvrir 60 Hz conformément au Tableau 7 et que des réamorçages se produisent après 8,3 ms étant donné que la tension instantanée est supérieure à ce qu'elle serait pendant un essai à 60 Hz avec la tension spécifiée, et si l'interrupteur a une probabilité très faible de réamorçage, la séquence d'essais doit être effectuée à 60 Hz avec une tension d'essai comme spécifié pour l'essai à 60 Hz.

NOTE Les circuits d'essai en laboratoire représentant les lignes et câbles et les batteries de condensateurs ne sont pas utilisables pour déterminer l'amplitude des surtensions éventuelles en cas de réamorçage. Ils sont seulement capables de montrer l'aptitude à l'établissement et à la coupure.

Il convient d'effectuer des essais triphasés. Cependant, les essais monophasés en laboratoire sont permis pour les essais de coupure de courant capacitif sur des interrupteurs tripolaires.

Pour les interrupteurs d'usage général, les conditions d'essai indiquées pour les réseaux à neutre non effectivement relié à la terre s'appliquent. Dans la mesure où aucune décharge disruptive non maintenue (NSDD) ne se produit, ces conditions d'essai couvrent également les réseaux à neutre effectivement relié à la terre.

7.101.7.3.2 Tensions d'essai

Les tensions d'essai à fréquence industrielle pour essais triphasés sont indiquées dans le Tableau 3 ou dans le Tableau 5.

Les tensions d'essai pour essais monophasés sur interrupteurs tripolaires doivent être égales au produit de $U_r/\sqrt{3}$ par un des facteurs suivants. Ces facteurs concernent les interrupteurs dont la non-simultanéité est inférieure ou égale à 1/6 de cycle:

- 1,0 sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre pour la manœuvre de batteries de condensateurs avec neutre relié à la terre ou pour la manœuvre des câbles à champ radial;
- 1,1 pour la manœuvre de câbles à ceinture sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,2 pour la manœuvre de lignes aériennes de distribution à vide sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,4 pour la manœuvre de batteries de condensateurs à neutre non relié à la terre sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,4 pour la manœuvre de batteries de condensateurs, de lignes ou de câbles sur des réseaux à neutre non effectivement relié à la terre.

NOTE 1 Le facteur de tension d'essai de 1,4 utilisé pour la manœuvre de batteries de condensateurs, de lignes et de câbles dans un circuit monophasé afin de reproduire les conditions d'un circuit triphasé est une valeur de compromis entre 1,25 et 1,5. La valeur de 1,25 produit une tension de rétablissement avec une crête correcte de 2,5 p.u., mais la portion initiale de la tension de rétablissement au premier pôle qui coupe lors du premier $\frac{1}{4}$ du cycle n'est pas couverte de manière satisfaisante. La valeur de 1,5 produit la portion initiale correcte de la tension de rétablissement au premier pôle qui coupe lors du premier $\frac{1}{4}$ du cycle, mais une crête de 3 p.u., ce qui peut résulter en une contrainte trop importante pour l'interrupteur. Ces considérations ne se limitent pas aux interrupteurs et des explications supplémentaires peuvent être consultées dans l'IEC TR 62271-306[7].

Pour des interrupteurs tripolaires, dont la non-simultanéité entre pôles est supérieure à 1/6 de cycle, des essais triphasés ou monophasés peuvent être réalisés avec une tension d'essai égale au produit de $U_r/\sqrt{3}$ et de l'un des facteurs suivants:

- 1,0 pour la manœuvre de batteries de condensateurs avec neutre relié à la terre ou pour la manœuvre des câbles à champ radial sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,2 pour la manœuvre de câbles à ceinture sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,3 pour la manœuvre de lignes aériennes de distribution à vide sur des réseaux à neutre effectivement relié à la terre;
- 1,75 pour la manœuvre de batteries de condensateurs, de lignes ou de câbles non reliés à la terre sur des réseaux à neutre non effectivement relié à la terre.

NOTE 2 Le facteur 1,75 utilisé pour la manœuvre de batteries de condensateurs, de lignes ou de câbles sur des réseaux à neutre non effectivement relié à la terre est une valeur de compromis entre 1,25 et 2,2. Elle correspond à une valeur de crête de 2,5 p.u. et 4,4 p.u. qui peut être observée en théorie dans un interrupteur dont la non-simultanéité est supérieure à 1/6 de cycle.

7.101.7.3.3 Caractéristiques du circuit d'alimentation

TD_{lc} et TD_{cc} : pour les essais de coupure de lignes à vide et de câble à vide, le circuit d'alimentation doit être celui spécifié pour les essais de coupure de charge principalement active, y compris les condensateurs et les résistances de contrôle de TTR.

TD_{sb} et TD_{bb} : pour les essais de coupure de batterie de condensateurs, la caractéristique du circuit d'alimentation doit être telle que la variation de tension (décroissance de la tension après coupure) soit inférieure à 2 % pour TD_{sb1} et TD_{bb1} et inférieure à 5 % pour TD_{sb2} et TD_{bb2} .

D'autre part, lorsque la variation de tension est supérieure aux valeurs spécifiées ou que l'essai est destiné à couvrir 60 Hz par des essais de coupure de 50 Hz (Tableau 7), il est admis de procéder aux essais à la tension de rétablissement spécifiée (7.101.7.3.9) pour toutes les séquences d'essai ci-dessus.

L'impédance du circuit d'alimentation ne doit pas être trop faible que son courant de court-circuit présumé égale le courant assigné de courte durée admissible de l'interrupteur (voir Figure 6).

TD_{sb} : Les paramètres de tension transitoire de rétablissement présumée du circuit d'alimentation ne doivent pas être plus sévères que les paramètres de TTR spécifiés dans le Tableau 8.

TD_{bb2} : La capacité du circuit d'alimentation et l'impédance entre les condensateurs du côté de l'alimentation et du côté de la charge doivent être telles qu'elles fournissent le pouvoir d'établissement assigné de batterie de condensateurs à gradins lors de l'essai à 100 % du pouvoir de coupure assigné de batterie de condensateurs à gradins.

Pour les essais de coupure de batterie de condensateurs à gradins, et lorsque des essais d'établissement séparés sont effectués, une capacité inférieure du circuit d'alimentation peut être choisie pour les essais de coupure.

7.101.7.3.4 Mise à la terre du circuit d'alimentation

Pour les essais triphasés, la mise à la terre doit être comme suit:

- pour les essais d'un interrupteur prévu pour être utilisé dans des réseaux à neutre non effectivement relié à la terre, le point neutre du côté de l'alimentation doit être isolé afin d'obtenir un facteur de premier pôle de 1,5. Pour les besoins des essais, il est également possible de relier à la terre le circuit d'alimentation et d'isoler le circuit de charge;
Pour obtenir un facteur de premier pôle de 1,5, en particulier pour les essais de coupure de ligne à vide, il peut être nécessaire de déconnecter les éléments de contrôle de TTR de la terre. Pour des courants très bas, il est peu probable que cela ait une influence sur le pouvoir de coupure. Par ailleurs, le neutre du circuit de charge peut être déconnecté de la terre;
- pour les essais d'un interrupteur prévu pour être utilisé dans des réseaux à neutre effectivement relié à la terre, le point neutre du circuit d'alimentation doit être relié à la terre. L'impédance homopolaire doit être inférieure à trois fois l'impédance directe du côté de l'alimentation.

Pour les essais monophasés en laboratoire, l'une ou l'autre borne du circuit d'alimentation monophasé peut être reliée à la terre.

On estime que lorsque les essais de coupure réalisés dans un circuit d'essai triphasé pour les réseaux à neutre non effectivement relié à la terre sont concluants et qu'aucune décharge disruptive non maintenue (NSDD - non-sustained disruptive discharge) ne s'est produite lors des essais de coupure, les réseaux à neutre effectivement relié à la terre sont couverts. Les réseaux à neutre effectivement relié à la terre sont également couverts lorsque les essais de coupure réalisés dans un circuit d'essai monophasé sont concluants, même en cas de NSDD.

Si une NSDD s'est produite lors des essais dans un circuit d'essai triphasé pour un réseau à neutre non effectivement relié à la terre, les essais sont valables pour ce type de réseau à neutre. Pour vérifier les performances pour un réseau à neutre effectivement relié à la terre, la séquence d'essais doit être répétée à l'aide d'un circuit d'essai présenté à la Figure 6 dont la source d'alimentation est reliée à la terre. En variante, un essai monophasé peut être réalisé à l'aide du facteur de tension approprié décrit en 7.101.7.3.2.

7.101.7.3.5 Caractéristiques générales des circuits capacitifs de charge

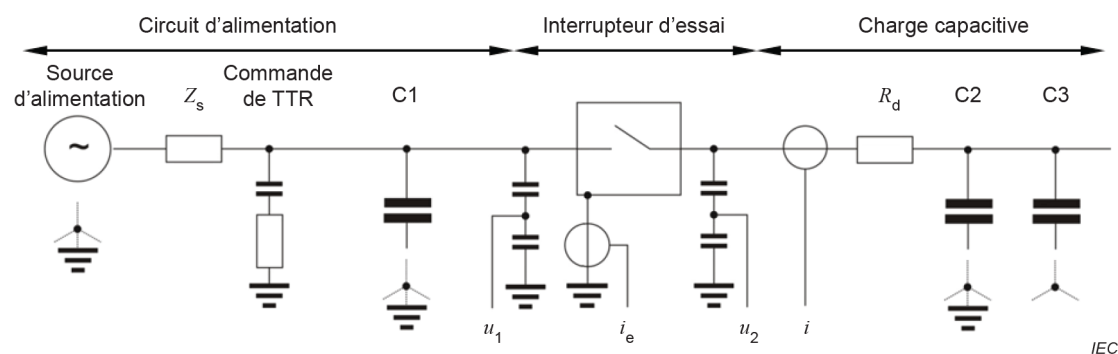
Pour les essais triphasés, la mise à la terre du circuit capacitif de charge doit être conforme aux applications pour lesquelles l'interrupteur est prévu.

Si les deux côtés, alimentation et charge, sont directement reliés à la terre, la valeur de crête de la tension de rétablissement du premier pôle qui coupe est fondée sur $2,0 \times U_{\text{phase}}$ (facteur de premier pôle de 1,0). Cependant, lorsque C_3 est introduit pour simuler des câbles à ceinture ou des lignes (Figure 6), la tension de rétablissement du premier pôle qui coupe repose sur $2,3 \times U_{\text{phase}}$.

Si un seul côté, alimentation ou charge, est relié à la terre, la valeur de crête de la tension de rétablissement du premier pôle qui coupe est fondée sur $2,5 \times U_{\text{phase}}$ (facteur de premier pôle de 1,5). Pour les circuits capacitifs de condensateurs à gradins, ceci ne s'applique que si le côté alimentation est relié à la terre et que les batteries capacitives (C_1 et C_2) sont isolées. Les essais réalisés sur la base du facteur de tension de 2,5 couvrent toutes les applications courantes de l'interrupteur.

NOTE U_{phase} est la tension phase-terre.

Les caractéristiques du circuit capacitif, y compris tous les dispositifs de mesure nécessaires tels que les diviseurs de tension, doivent être telles que la décroissance de la tension sur la capacité isolée par la manœuvre ne dépasse pas 10 % à la fin d'un intervalle de 300 ms après l'extinction définitive de l'arc. Cette exigence ne s'applique pas aux essais sur site.



Les connexions en étoile ci-dessus ne s'appliquent qu'aux circuits d'essai triphasés. Lorsque la source d'alimentation est isolée, des connexions en triangle peuvent également être réalisées.

Séquence d'essais	Source d'alimentation	Z_s	Commande de TTR	C_1	R_d	C_2	C_3^a
TD_{lc}	1) Reliée à la terre 2) Isolée	Comme TD_{load}	Comme TD_{load}	-	$\leq 0,05X_c$	Reliée à la terre	1): $\sim 2 C_2$ 2): non exigé
TD_{cc1} , TD_{cc2}	1) Reliée à la terre 2) Isolée	Comme TD_{load}	Comme TD_{load}	-	$\leq 0,05X_c$	Reliée à la terre	1): $\sim 2 C_2$ 2): non exigé
TD_{sb1} , TD_{sb2}	1) Reliée à la terre 2) Isolée	$sb1 \leq 0,02X_c$ $sb2 \leq 0,05X_c$, et $I_{sc} \leq I_{k,réel}$	Comme TD_{load}	-	-	1) Isolée ou reliée à la terre 2) Reliée à la terre	-
TD_{bb1} , TD_{bb2}	1) Reliée à la terre 2) Isolée	$bb1 \leq 0,02X_c$ $bb2 \leq 0,05X_c$, et $I_{sc} \leq I_{k,réel}$	Non spécifiée	1) Isolée ou reliée à la terre 2): reliée à la terre	-	Comme C_1	-
1) Pour les essais d'un interrupteur destiné à être utilisé dans des réseaux à neutre effectivement relié à la terre. 2) Pour les essais d'un interrupteur destiné à être utilisé dans des réseaux à neutre non effectivement relié à la terre. Pour les besoins des essais, il est également possible de relier à la terre le circuit d'alimentation et d'isoler le circuit de charge. a Pour C_3 , un circuit de capacitance équivalente peut être utilisé à la place de la batterie de condensateurs parallèle représentée.							

Figure 6 – Circuit d'essai général pour essais triphasés et monophasés de coupure de charges capacitives

7.101.7.3.6 Circuits de câbles à vide (séquences d'essais TD_{cc1} et TD_{cc2})

Des condensateurs peuvent être utilisés pour simuler des câbles à champ radial et des câbles à ceinture, selon les besoins du laboratoire. Les câbles à ceinture sont généralement utilisés pour des tensions de réseau jusqu'à et y compris 15 kV. Pour les essais triphasés avec alimentation à neutre relié à la terre, représentant des câbles à ceinture, la capacité directe du circuit capacitif doit être approximativement égale à trois fois la capacité homopolaire. Dans le cas d'une alimentation à neutre non relié à la terre, cette exigence n'est pas nécessaire.

Lorsque des condensateurs sont utilisés pour simuler des câbles, une résistance non inductive ne dépassant pas 5 % de l'impédance capacitive peut être introduite en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent avoir un impact exagéré sur la tension de rétablissement.

7.101.7.3.7 Circuit de lignes à vide (séquences d'essais TD_{lc})

Des condensateurs peuvent être utilisés pour simuler des lignes, selon les besoins du laboratoire. Pour les essais triphasés, avec alimentation à neutre relié à la terre, la capacité directe du circuit capacitif doit être approximativement égale à trois fois la capacité homopolaire. Dans le cas d'alimentation à neutre non relié à la terre, cette exigence n'est pas nécessaire.

Lorsque des condensateurs sont utilisés pour simuler des lignes aériennes, une résistance non inductive ne dépassant pas 5 % de l'impédance capacitive peut être introduite en série avec les condensateurs. Des valeurs plus élevées peuvent avoir un impact exagéré sur la tension de rétablissement.

7.101.7.3.8 Circuits de batteries de condensateurs (séquence d'essais TD_{sb1} , TD_{sb2} , TD_{bb1} et TD_{bb2})

Pour les essais triphasés, le neutre de la batterie de condensateurs doit être isolé ou relié à la terre, selon l'usage de l'interrupteur et la mise à la terre du neutre du circuit d'alimentation.

Dans un circuit triphasé de batterie de condensateurs à gradins, les deux batteries, C_1 et C_2 doivent également être reliées à la terre ou isolées. Un facteur de premier pôle de 1,5 ne se produit que si C_1 et C_2 sont isolées et que la source d'alimentation est reliée à la terre.

7.101.7.3.9 Essais avec TTR spécifiée

S'il n'est pas possible de satisfaire aux exigences de 7.101.7.3.3, les essais de coupure peuvent être réalisés dans des circuits qui satisfont aux exigences suivantes pour la tension de rétablissement présumée:

- avec l'enveloppe de tension de rétablissement d'essai présumée définie comme suit (voir la Figure 7)

$$u'_c \geq u_c$$

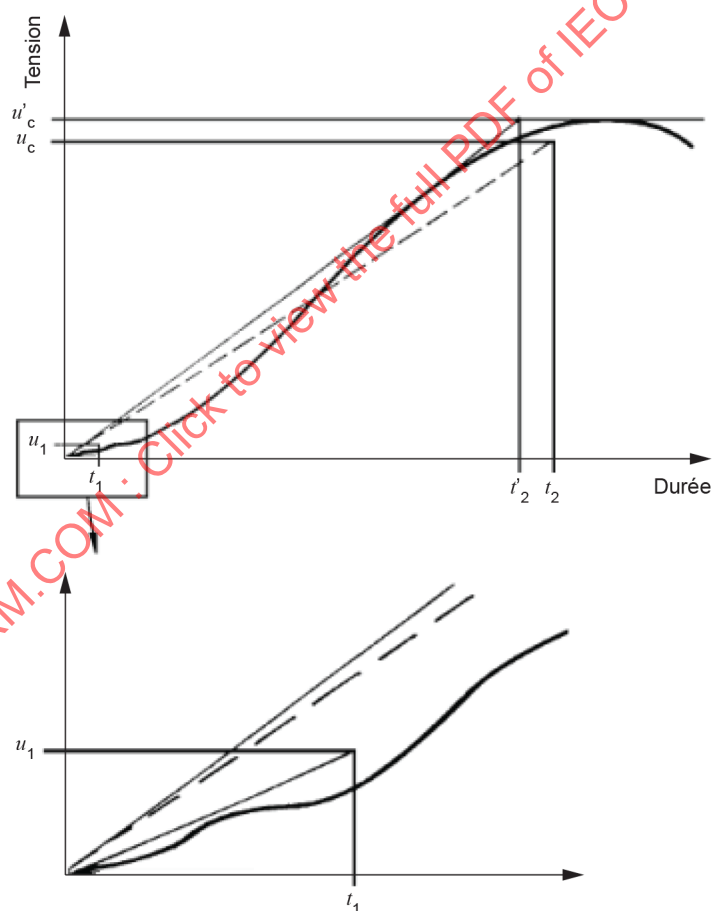
$$t'_2 \leq t_2;$$
- de plus, la partie initiale de la tension de rétablissement présumée doit rester sous la ligne entre l'origine et le point définis par u_1 et t_1 ;
- il convient que la tension de rétablissement présumée u'_c ne dépasse pas la tension de rétablissement théorique u_c de plus de 6 %;
- l'utilisation d'une résistance série (R_d Figure 6) dans le circuit de charge provoque un déplacement de phase qui peut donner lieu au dépassement de la limite indiquée ci-dessus. Dans ce cas, la valeur de la résistance peut être diminuée ou un circuit LR approprié peut être utilisé (Figure 6).

Les valeurs spécifiées de u_1 , t_1 , u_c et t_2 pour les essais monophasés sont données dans le Tableau 11.

Pour les essais triphasés, le même principe est utilisé pour définir la partie initiale de la tension de rétablissement pour le premier pôle qui coupe.

Tableau 11 – Valeurs limites des paramètres de tension de rétablissement présumée pour les essais de coupure de courant capacitif

Séquences d'essais	Valeurs de tension de rétablissement de la Figure 7 en relation avec la valeur de crête de la tension d'essai ^{a, b}		Valeurs de temps de la Figure 7	
	u_c p.u.	u_1 p.u.	t_1	t_2
TD _{cc1} , TD _{sb1} , TD _{bb1}	1,98	0 028	t_3^c	8,7 ms pour 50 Hz
TD _{lc} , TD _{cc2} , TD _{sb2} , TD _{bb2}	1,95	0,070		7,3 ms pour 60 Hz
NOTE Pour les essais avec une tension de rétablissement spécifiée, la tension de rétablissement présumée est calculée sur la base de la valeur de crête de la tension de l'essai direct monophasé correspondant.				
^a Voir la Figure 7.				
^b En valeur unitaire de la valeur crête de la tension d'essai phase-terre.				
^c t_3 du Tableau 8.				



IEC

u_1 , t_1 , u_c et t_2 sont définis dans le Tableau 11.

Figure 7 – Tension de rétablissement présumée et valeurs associées des paramètres spécifiés pour les essais de coupure de courant capacitif

7.101.7.4 Circuits d'essai pour les essais de défaut à la terre (séquences d'essais TD_{ef1} et TD_{ef2})

Des circuits d'essai selon la Figure 8 et la Figure 9 doivent être utilisés avec l'impédance Z_s égale à l'impédance du côté alimentation pour la séquence d'essais TD_{load} pour les interrupteurs d'usage général. Le circuit d'alimentation doit être celui spécifié pour les essais de coupure de charge principalement active, y compris les condensateurs et les résistances de contrôle de TTR.

En variante, lorsque l'essai est destiné à couvrir 60 Hz par des essais de coupure de 50 Hz (Tableau 7), il est admis de procéder aux essais à la tension de rétablissement spécifiée Tableau 11, ligne TD_{lc} , TD_{cc2} , TD_{sb2} , TD_{bb2}). L'impédance du circuit d'alimentation ne doit pas être trop faible au risque que son courant de court-circuit présumé dépasse le courant de tenue de courte durée assigné de l'interrupteur.

Des résistances non inductives R ayant une résistance ne dépassant pas 5 % de l'impédance capacitive peuvent être insérées en série avec les condensateurs.

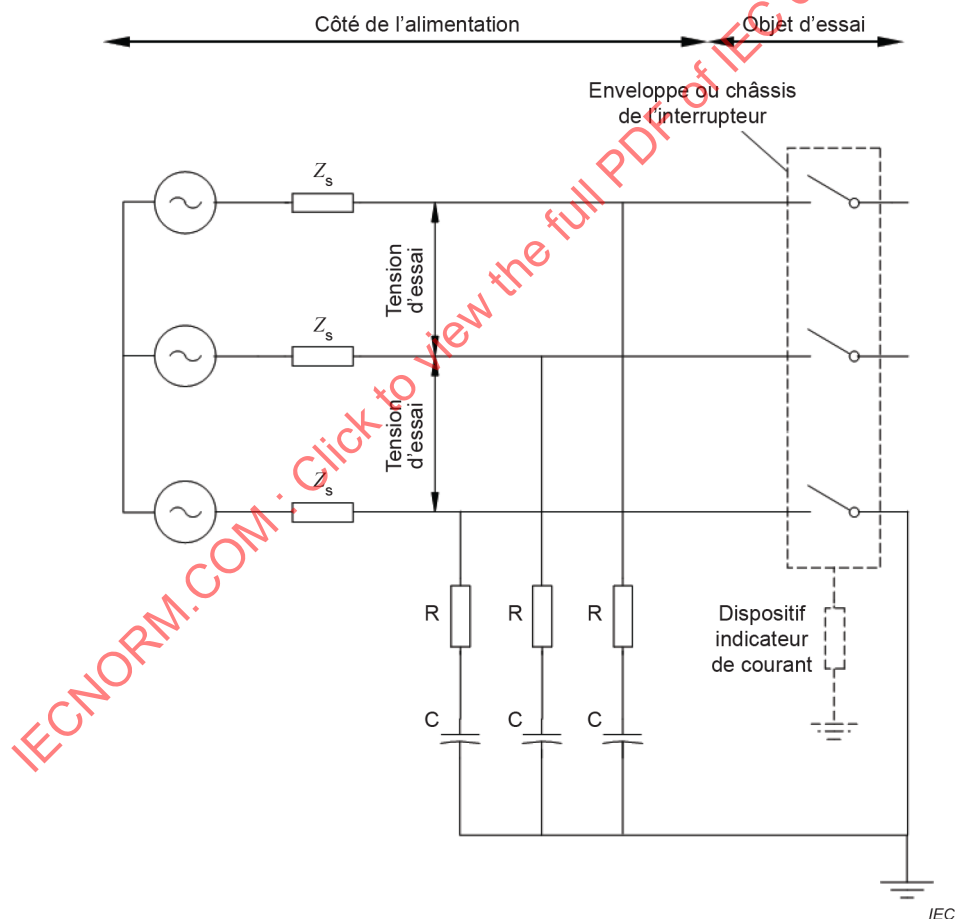


Figure 8 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de courant de défaut à la terre, séquence d'essais TD_{ef1}

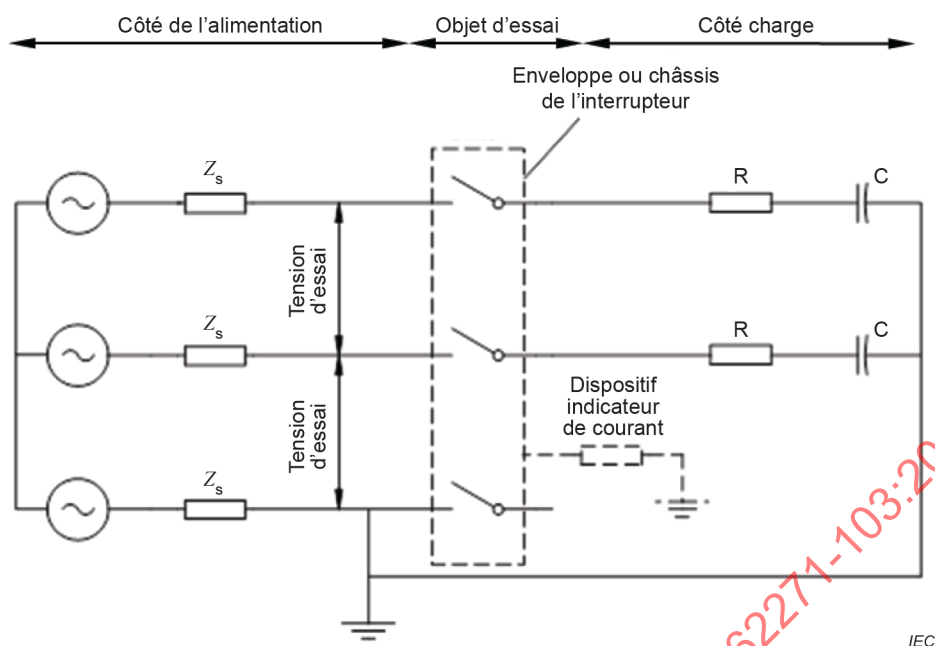


Figure 9 – Circuit triphasé pour les essais de coupure de câbles à vide en cas de défaut à la terre, séquence d'essais TD_{ef2}

7.101.7.5 Circuits d'essai pour les essais d'établissement en court-circuit (séquence d'essais TD_{ma})

Le circuit d'essai pour les essais triphasés doit être comme cela est indiqué à la Figure 10. Les essais monophasés sur des interrupteurs tripolaires actionnés pôle après pôle ou sur des interrupteurs unipolaires utilisés dans des réseaux triphasés peuvent être effectués avec un circuit d'essai monophasé, comme cela est indiqué à la Figure 11.