

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Appareillage à haute tension –
Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Appareillage à haute tension –
Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.10; 29.130.99

ISBN 978-2-8322-5654-1

**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	9
1 Scope	12
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	13
3.1 General terms and definitions	13
3.2 Assemblies of switchgear and controlgear	14
3.3 Parts of assemblies	14
3.4 Switching devices	14
3.5 Parts of switching devices	15
3.6 Operation	18
3.7 Characteristic quantities	19
3.8 Index of definitions	24
4 Normal and special service conditions	26
5 Ratings	26
5.1 General	26
5.2 Rated voltage (U_r)	27
5.3 Rated insulation level (U_d , U_p , U_s)	27
5.4 Rated frequency (f_r)	27
5.5 Rated continuous current (I_r)	27
5.6 Rated short-time withstand current (I_k)	27
5.7 Rated peak withstand current (I_p)	27
5.8 Rated duration of short-circuit (t_k)	28
5.9 Rated supply voltage of auxiliary and control circuits (U_a)	28
5.10 Rated supply frequency of auxiliary circuits and control circuits	28
5.11 Rated pressure of compressed gas supply for controlled pressure systems	28
5.11.101 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or switching	28
5.11.102 Rated pressure of compressed gas supply for operation	28
5.101 Rated short-circuit making current (I_{ma})	28
5.102 Classification of earthing switches for short-circuit making	28
5.103 Rated contact zone	29
5.104 Rated static mechanical terminal load	29
5.105 Classification of disconnectors for mechanical endurance	30
5.106 Classification of earthing switches for mechanical endurance	31
5.107 Rated ice-coating	31
5.108 Rated values of disconnectors for bus-transfer current switching	31
5.108.1 Rated bus-transfer current	31
5.108.2 Rated bus-transfer voltage	32
5.109 Classification and rated values of earthing switches for induced current switching	32
5.110 Classification and rated values of disconnectors for bus-charging current switching	33
6 Design and construction	34
6.1 Requirements for liquids in disconnectors and earthing switches	34
6.2 Requirements for gases in disconnectors and earthing switches	34
6.3 Earthing of disconnectors and earthing switches	34

6.4	Auxiliary and control equipment and circuits	35
6.5	Dependent power operation	35
6.6	Stored energy operation.....	35
6.7	Independent unlatched operation (independent manual or power operation)	35
6.8	Manually operated actuators	35
6.9	Operation of releases.....	35
6.10	Pressure/level indication	35
6.11	Nameplates.....	35
6.12	Locking devices	38
6.13	Position indication.....	38
6.14	Degree of protection provided by enclosures	38
6.15	Creepage distances for outdoor insulators	38
6.16	Gas and vacuum tightness.....	38
6.17	Tightness for liquid systems.....	38
6.18	Fire hazard (flammability)	38
6.19	Electromagnetic compatibility (EMC).....	38
6.20	X-ray emission	38
6.21	Corrosion	38
6.22	Filling levels for insulation, switching and/or operation.....	39
6.101	Particular requirements for earthing switches.....	39
6.102	Requirements in respect of the isolating distance of disconnectors	39
6.103	Mechanical strength.....	39
6.104	Operation of disconnectors and earthing switches – Position of the movable contact system and its indicating and signalling devices	40
6.104.1	Securing of position	40
6.104.2	Additional requirements for power-operated mechanisms	40
6.104.3	Indication and signalling of position	40
6.105	Maximum force required for manual (dependent or independent) operation.....	41
6.105.1	General	41
6.105.2	Operation requiring more than one revolution	42
6.105.3	Operation requiring up to one revolution	42
6.106	Dimensional tolerances.....	42
6.107	Earthing switches with short-circuit making current capability	42
7	Type tests	42
7.1	General.....	42
7.1.1	Basics	42
7.1.2	Information for identification of test objects.....	44
7.1.3	Information to be included in type test reports	44
7.2	Dielectric tests	44
7.2.1	General	44
7.2.2	Ambient air conditions during tests	44
7.2.3	Wet test procedure	44
7.2.4	Arrangement of the equipment.....	44
7.2.5	Criteria to pass the test	45
7.2.6	Application of the test voltage and test conditions.....	45
7.2.7	Tests of disconnectors and earthing switches of $U_T \leq 245$ kV.....	45
7.2.8	Test of disconnectors and earthing switches of $U_T > 245$ kV	45
7.2.9	Artificial pollution tests for outdoor insulators.....	45
7.2.10	Partial discharge tests	46

7.2.11	Dielectric tests on auxiliary and control circuits	46
7.2.12	Voltage test as condition check	46
7.3	Radio interference voltage (RIV) test	46
7.4	Resistance measurement	46
7.5	Continuous current tests	46
7.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests	46
7.6.1	General	46
7.6.2	Arrangement of the disconnectors and earthing switches and of the test circuit	46
7.6.3	Test current and duration	52
7.6.4	Conditions of disconnectors and earthing switches after test	52
7.7	Verification of the protection	53
7.8	Tightness tests	53
7.9	Electromagnetic compatibility tests (EMC)	53
7.10	Additional tests on auxiliary and control circuits	53
7.11	X-ray radiation test for vacuum interrupters	53
7.101	Test to prove the short-circuit making performance of earthing switches	54
7.101.1	General test conditions	54
7.101.2	Arrangement of the earthing switch for tests	54
7.101.3	Test frequency	54
7.101.4	Test voltage	54
7.101.5	Test short-circuit making current	55
7.101.6	Test circuits	55
7.101.7	Test procedures	55
7.101.8	Behaviour of earthing switches when making short-circuit currents	56
7.101.9	Condition of earthing switch after short-circuit making tests	56
7.101.10	Invalid tests	57
7.101.11	Type test reports	57
7.102	Operating and mechanical endurance tests	58
7.102.1	General test conditions	58
7.102.2	Contact zone test	58
7.102.3	Mechanical endurance test	61
7.102.4	Operation during the application of rated static mechanical terminal loads	63
7.102.5	Extended mechanical endurance tests	64
7.102.6	Testing of mechanical interlocking devices	65
7.103	Operation under severe ice conditions	65
7.103.1	General	65
7.103.2	Test arrangement	65
7.103.3	Test procedure	66
7.104	Low- and high-temperature tests	67
7.104.1	General	67
7.104.2	Measurement of ambient air temperature	68
7.104.3	Low-temperature test	68
7.104.4	High-temperature test	70
7.105	Tests to verify the proper functioning of the position-indicating device	70
7.105.1	General	70
7.105.2	Tests on the power kinematic chain and the position-indicating kinematic chain	71
7.106	Bus-transfer current switching tests on disconnectors	71

7.106.1	General	71
7.106.2	Making and breaking tests	71
7.107	Induced current switching tests on earthing switches	75
7.107.1	General	75
7.107.2	Arrangement of the earthing switch for tests	75
7.107.3	Earthing of test circuit and earthing switch	76
7.107.4	Test frequency	76
7.107.5	Test voltage	76
7.107.6	Test currents	76
7.107.7	Test circuits	76
7.108	Bus-charging current switching tests on disconnectors	81
7.108.1	General	81
7.108.2	Test duties	82
7.108.3	Arrangement of the disconnector for tests	82
7.108.4	Test frequency	82
7.108.5	Test voltages for making and breaking tests	83
7.108.6	Test circuits for making and breaking tests	84
7.108.7	Performance of making and breaking tests	86
7.108.8	Behaviour of the disconnector during making and breaking tests	86
7.108.9	Condition after test	87
7.108.10	Type test reports	87
7.108.11	Requirements for U_{TVE} measurements	88
8	Routine tests	88
8.1	General	88
8.2	Dielectric test on the main circuit	88
8.3	Tests on auxiliary and control circuits	89
8.4	Measurement of the resistance of the main circuit	89
8.5	Tightness test	89
8.6	Design and visual checks	89
8.101	Mechanical operating tests	89
8.102	Verification of earthing function	90
9	Guide to the selection of disconnectors and earthing switches (informative)	90
9.1	General	90
9.2	Selection of rated values	91
9.2.101	General	91
9.2.102	Selection of rated voltage and rated insulation level	91
9.2.103	Selection of rated continuous current	91
9.2.104	Selection of rated contact zone	91
9.2.105	Selection of rated static mechanical terminal load	92
9.2.106	Selection of a bus-transfer current switching capability for disconnectors of $U_r > 52$ kV	92
9.2.107	Selection of an induced-current switching capability for earthing switches of $U_r > 52$ kV	92
9.2.108	Selection of rated short-time withstand current and of rated duration of short-circuit	92
9.2.109	Selection of rated peak withstand current and of rated short-circuit making current for earthing switches	93
9.2.110	Selection of short-circuit making capability for earthing switches	93
9.3	Cable-interface considerations	93

9.4	Continuous or temporary overload due to changed service conditions	93
9.5	Environmental aspects	93
9.5.101	Local environmental conditions	93
10	Information to be given with enquiries, tenders and orders (informative)	94
10.1	General	94
10.2	Information with enquiries and orders	94
10.3	Information with tenders	95
11	Transport, storage, installation, operating instructions, and maintenance	96
11.1	General	96
11.2	Conditions during transport, storage and installation	96
11.3	Installation	96
11.4	Operation	97
11.5	Maintenance	97
12	Safety	97
12.1	General	97
12.2	Precautions by manufacturers	97
12.3	Precautions by users	97
13	Influence of the product on the environment	97
Annex A (informative)	Test voltage for the most disadvantageous dielectric position of an earthing switch during operation (minimum temporary clearance)	98
Annex B (informative)	Current-switching capability required of disconnectors and earthing switches	99
B.1	Bus-transfer current switching capability of disconnectors	99
B.2	Bus-charging current switching capability of disconnectors	99
B.3	Induced current-switching capability of earthing switches	100
Annex C (normative)	Tolerances on test quantities for type tests	101
Annex D (normative)	Alternative test methods for short-circuit current making tests	103
D.1	General	103
D.2	Alternative methods	103
D.2.1	Synthetic test method with both rated voltage and rated short-circuit current	103
D.2.2	Test methods with reduced voltage	103
Annex E (informative)	Extension of validity of type tests	105
E.1	General	105
E.2	Dielectric tests	105
E.3	Short-time withstand current tests	105
E.4	Short-circuit making performance of earthing switches	105
E.5	Operating and mechanical endurance tests	105
E.6	Bus-transfer current switching tests on disconnectors	105
E.7	Induced current switching tests on earthing switches	106
Bibliography		107
Figure 1	Position indicating/signalling device(s)	40
Figure 2	Three-phase test arrangement for disconnectors and earthing switches	48
Figure 3	Single-phase test arrangement for disconnectors with a horizontal isolating distance and for earthing switches of $U_T > 52$ kV, to be used with flexible or with rigid conductors	49

Figure 4 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) of $U_T > 52$ kV with a vertical isolating distance, to be used with flexible conductors	50
Figure 5 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) of $U_T > 52$ kV with a vertical isolating distance, to be used with rigid conductors	51
Figure 6 – Fixed contact parallel to support	59
Figure 7 – Fixed contact perpendicular to support	60
Figure 8 – Example of the application of rated static mechanical terminal loads to a (divided support) pantograph disconnector (or earthing switch)	61
Figure 9 – Example of the application of rated static mechanical terminal loads to a two-column disconnector	62
Figure 10 – Test sequences for low and high temperature tests	68
Figure 11 – Example of test circuit for bus-transfer current switching tests	73
Figure 12 – Test circuit for electromagnetically induced current switching tests	77
Figure 13 – Test circuits for electrostatically induced current-switching tests	79
Figure 14 – Test circuit for test duty 1	83
Figure 15 – Typical voltage waveform (Including VFT and FT components)	85
Figure 16 – Test circuit for test duty 2	85
Figure 17 – Test circuit for test duty 3	86
Figure B.1 – Examples of resistor-fitted disconnectors	100
Table 1 – Classification of earthing switches for short-circuit making	28
Table 2 – Preferred contact zones for "fixed" contacts supported by flexible conductors	29
Table 3 – Preferred contact zones for "fixed" contacts supported by rigid conductors	29
Table 4 – Preferred static mechanical terminal loads	30
Table 5 – Classification of disconnectors for mechanical endurance	31
Table 6 – Classification of earthing switches for mechanical endurance	31
Table 7 – Rated bus-transfer voltages of disconnectors	32
Table 8 – Classification of earthing switches for induced-current switching	32
Table 9 – Rated induced currents and voltages	33
Table 10 – Classification of disconnectors for bus-charging switching	34
Table 11 – Standard rated bus-charging currents	34
Table 12 – Product information	36
Table 13 – List of type tests	43
Table 14 – Power frequency withstand voltages	45
Table 15 – Requirements on the instant of making	56
Table 16 – Invalid tests	57
Table 17 – Standard values of recovery voltages for electromagnetically induced current breaking tests	78
Table 18 – Test circuit capacitances (C_1 values) for electrostatically induced current switching tests	80
Table 19 – Test voltages for making and breaking tests	83
Table 20 – Number of tests	86

Table 21 – Power frequency voltage tests	89
Table B.1 – Average impedances	99
Table C.1 – Tolerances on test quantities for type tests	101

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-102 has been prepared by subcommittee 17A: Switching devices, of IEC technical committee 17: High-voltage switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001, Amendment 1:2011 and Amendment 2:2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) new numbering according to IEC 17/1025/RQ to harmonize with ISO/IEC Directives, Part 2, and IEEE Std. C37.100.1;
- b) clause numbering has been aligned with IEC 62271-1:2017;
- c) the Scope has been extended to cover all indoor and outdoor installations. Consideration of switching devices having disconnecting and/or earthing switch functionalities, apart from other functions, are also covered by this document;

- d) ratings have been moved from Annexes B, C and E to Clause 5; the order of the subclauses now corresponds to the order of subclauses in Clause 7;
- e) new rating values for bus-transfer current and bus-transfer voltage have been assigned;
- f) new class of mechanical endurance for earthing switches has been added (M1);
- g) subclause "Rated values of electrical endurance for earthing switches" is now called "Classification of earthing switches for short-circuit making capability";
- h) new subclause with ratings for ice-coating has been added;
- i) new subclause with classification of bus-charging switching capability has been added;
- j) new withstand requirements for interlocking devices have been added;
- k) the way to comply with the requirements of the isolating distance of disconnectors has been modified;
- l) design and construction requirements for position-indicating devices have been modified, aligning the requirements for position indication and signalling;
- m) the value of the operating force has been changed;
- n) the test procedures and validation criteria have been revised and modified where necessary;
- o) requirements for applied voltage during single-phase test on non-simultaneous closing earthing switches have been changed;
- p) non-verifiable requirements have been deleted;
- q) a new subclause has been added for testing mechanical interlocking devices;
- r) the high- and low-temperature test is mandatory if the temperature limits for the service conditions of the apparatus (defined by the manufacturer) are above +40 °C or below –5 °C, and a more detailed testing procedure is given;
- s) the testing procedure to verify the proper functioning of the position-indicating device allows a more practicable testing for every technology used;
- t) a new Annex B has been added with title: "Current-switching capability required of disconnectors and earthing switches";
- u) a new Annex C has been added with title: "Tolerances on test quantities for type tests";
- v) a new Annex E has been added with title: "Extension of validity of type tests".

This standard 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, except annexes, is used as in IEC 62271-1:2017. Additional subclauses are numbered from 101.

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

FDIS	Report on voting
17A/1173/FDIS	17A/1180/RVD

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

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

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://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 publication 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018

HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches

1 Scope

This part of IEC 62271 applies to alternating current disconnectors and earthing switches, designed for indoor and outdoor installations for nominal voltages above 1 000 V and for service frequencies up to and including 60 Hz.

It also applies to the operating devices of these disconnectors and earthing switches and their auxiliary equipment.

Additional requirements for disconnectors and earthing switches in enclosed switchgear and controlgear are given in IEC 62271-200, IEC 62271-201 and IEC 62271-203.

NOTE Disconnectors in which the fuse forms an integral part are not covered by this standard.

This document is also applicable to switching devices having disconnecting and/or earthing functionalities apart from other functions, such as high-speed earthing switch, circuit-breaker and switch-disconnector.

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 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-441, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear controlgear and fuses*

IEC 60050-471, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*

IEC 60050-614, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 614: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60137, *Insulating bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

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

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60865-1, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

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

IEC 62271-100:2008/AMD1:2012

IEC 62271-100:2008/AMD2:2017

IEC 62271-101:2012, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 101: Synthetic testing*
IEC 62271-101:2012/AMD1:2017

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *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*

IEC 62271-203:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

IEC/TR 62271-305, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 305: Capacitive current switching capability of air-insulated disconnectors for rated voltages above 52 kV*

ISO 2768-1, *General tolerances – Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions without individual tolerance indications*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-151, IEC 60050-441, IEC 60050-471, IEC 60050-614, 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>

3.1 General terms and definitions

3.1.101

indoor switchgear and controlgear

switchgear and controlgear designed solely for installation within a building or other housing, where the switchgear and controlgear is protected against wind, rain, snow, abnormal dirt deposits, abnormal condensation, ice and hoar frost

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-04]

3.1.102

outdoor switchgear and controlgear

switchgear and controlgear suitable for installation in the open air, i.e. capable of withstanding wind, rain, snow, dirt deposits, condensation, ice and hoar frost

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-05]

3.1.103

user

person or legal entity using the disconnectors or earthing switches

Note 1 to entry: This can include the purchaser (for example an electricity supplier), but it can also include the contracting company, the staff responsible for erection of installation, the maintenance or operating staff or anybody else temporarily or permanently responsible for the disconnector, earthing switch or electrical installation, or even the operation of the switchgear.

3.2 Assemblies of switchgear and controlgear

3.2.1

test object

equipment needed to represent the specimen for a particular type test

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.2.1, modified – "switchgear and controlgear" replaced by "specimen"]

3.3 Parts of assemblies

Subclause 3.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

3.4 Switching devices

3.4.101

disconnector

mechanical switching device which provides, in the open position, an isolating distance in accordance with specified requirements

Note 1 to entry: A disconnector is capable of opening and closing a circuit when either negligible current is broken or made, or when no significant change in the voltage across the terminals of each of the poles of the disconnector occurs. It is also capable of carrying currents under normal circuit conditions and carrying for a specified time currents under abnormal conditions such as those of short-circuit.

Note 2 to entry: "Negligible current" implies currents such as the capacitive currents of bushings, busbars, connections, very short lengths of cable, currents of permanently connected grading impedances of circuit-breakers and currents of voltage transformers and dividers (see also IEC/TR 62271-305). For $U_r \leq 420$ kV, a current not exceeding 0,5 A is a negligible current for the purpose of this definition; for $U_r > 420$ kV and currents exceeding 0,5 A, the manufacturer should be consulted. "No significant change in voltage" refers to such applications as the by-passing of induction voltage regulators or circuit-breakers and bus transfer.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-05, modified – Note 2 to entry has been added]

3.4.102

divided support disconnector

divided support earthing switch

disconnector (or earthing switch) in which the fixed and moving contacts of each pole are not supported by a common base or frame

Note 1 to entry: A typical example is the pantograph or semi-pantograph disconnector (or earthing switch).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-06 and -07, modified – The term "earthing switch" is completed with "divided support" and the term "disconnector" substituted by "earthing switch" in Note 1 to entry when appropriate; Note 2 to entry deleted.]

3.4.103

centre-break disconnector

disconnector in which both contacts of each pole are movable and engage at a point substantially midway between their supports

Note 1 to entry: This term applies to high-voltage disconnectors only.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-08]

3.4.104

double-break disconnecter

disconnecter that opens a circuit at two points

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-09]

3.4.105

resistor-fitted disconnecter

disconnecter fitted with resistor in series or in parallel to the switching contacts in order to mitigate the very fast transient overvoltage (VFTO) during both the opening and closing operation in metal-enclosed gas-insulated switchgear

3.4.106

earthing switch

mechanical switching device for earthing parts of a circuit, capable of withstanding for a specified time currents under abnormal conditions such as those of short-circuit, but not required to carry current under normal conditions of the circuit

Note 1 to entry: An earthing switch may have a short-circuit making capacity.

Note 2 to entry: An earthing switch of $U_r > 52$ kV may have a rating for switching and carrying induced currents.

Note 3 to entry: These devices may sometimes be operated against short-circuit. The different classes of earthing switches are related to the number of short-circuit making operations.

Note 4 to entry: In some cases, earthing switches are used as fault-initiating devices.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-11, modified – the Notes 2, 3 and 4 to entry have been added]

3.4.107

combined function earthing switch

earthing switch having a common contact system for earthing and at least one of the following functions:

- disconnecting;
- making and/or breaking of currents up to the short-circuit current.

3.4.108

switch-disconnector

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

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

3.5 Parts of switching devices

3.5.101

pole of a switching device

portion of a switching device associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit and excluding those portions which provide a means for mounting and operating all poles together

Note 1 to entry: A switching device is called single-pole if it has only one pole. If it has more than one pole, it may be called multipole (two-pole, three-pole, etc.) provided the poles are or can be coupled in such a manner as to operate together.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01]

3.5.102

main circuit

<of a switching device> all the conductive parts of a switching device included in the circuit which it is designed to close or open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-02]

3.5.103

contact

<of a mechanical switching device> conductive parts designed to establish circuit continuity when they touch and which, due to their relative motion during an operation, open or close a circuit or, in the case of hinged or sliding contacts, maintain circuit continuity

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-05]

3.5.104

main contact

contact included in the main circuit of a mechanical switching device, intended to carry, in the closed position, the current of the main circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-07]

3.5.105

control contact

contact included in a control circuit of a mechanical switching device and mechanically operated by this device

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-09]

3.5.106

"a" contact

make contact

control or auxiliary contact that is closed when the main contacts of the mechanical switching device are closed and open when they are open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-12]

3.5.107

"b" contact

break contact

control or auxiliary contact that is open when the main contacts of a mechanical switching device are closed and closed when they are open

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-13]

3.5.108

position-indicating device

part of a mechanical switching device that indicates whether it is in the open, closed, or where appropriate, earthed position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-25]

3.5.109

position-signalling device

part of a disconnector or earthing switch which uses auxiliary energy to indicate whether the contacts of the main circuit are in the open or closed position

3.5.110**terminal**

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2014, 151-12-12, modified – the note has been deleted.]

3.5.111**contact zone**

<for divided support disconnectors and earthing switches> spatial region of positions the fixed contact may take up for correct engagement with the moving contact

3.5.112**power kinematic chain**

mechanical connecting system between the operating mechanism and the moving contacts, both included

Note 1 to entry: Refer to Figure 1.

3.5.113**position-indicating kinematic chain**

mechanical connecting system between the moving contacts and the position-indicating device(s), both included

3.5.114**position-signalling kinematic chain**

mechanical connecting system between the moving contacts and the position of the signalling device(s)

3.5.115**connecting point**

most upstream point (i.e. the closest to the source of energy) of the common part of the power and position-indicating/signalling kinematic chains

3.5.116**strain limiting device**

device that limits to a defined value the torque or force transmitted to the downstream side of the device irrespective of the torque or force applied to the upstream side

3.5.117**torque (force) controlling system**

system that monitors and controls the torque (force) transmitted to the downstream side of the device in comparison with defined value

3.5.118**bushing**

device that enables one or several conductors to pass through a partition such as a wall or a tank, and insulate the conductors from it

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modified – Notes 1 and 2 to entry deleted]

3.5.119**source of energy**

origin of the energy released or of the force/torque applied to the power kinematic chain of a switching device during an operation or at any stable position of it

Note 1 to entry: The origin of the energy or force/torque can be human, electrical, hydraulics, pneumatics and mechanics i.e. springs, weights, etc. alone or in combination.

3.6 Operation

3.6.101

operation

<of a mechanical switching device> transfer of the moving contact(s) from one position to an adjacent position

Note 1 to entry: For a circuit-breaker, this may be a closing operation or an opening operation.

Note 2 to entry: If distinction is necessary, an operation in the electrical sense, e.g. make or break, is referred to as a switching operation, and an operation in the mechanical sense, e.g. close or open, is referred to as a mechanical operation.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-01]

3.6.102

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02]

3.6.103

closing operation

<of a mechanical switching device> operation by which the device is brought from the open position to the closed position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-08]

3.6.104

opening operation

<of a mechanical switching device> operation by which the device is brought from the closed position to the open position

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-09]

3.6.105

dependent manual operation

<of a mechanical switching device> operation solely by means of directly applied manual energy, such that the speed and force of the operation are dependent upon the action of the operator

Note 1 to entry: Dependent manual operation may be performed by a crank or by a swing lever (horizontal or vertical).

Note 2 to entry: Switching devices with dependent manual operation have not any inherent switching capability.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-13, modified – Notes 1 and 2 to entry have been added]

3.6.106

dependent power operation

<of a mechanical switching device> operation by means of energy other than manual, where the completion of the operation is dependent upon the continuity of the power supply (to solenoids, electric or pneumatic motors, etc.)

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-14]

3.6.107**stored energy operation**

<of a mechanical switching device> operation by means of energy stored in the mechanism itself prior to the completion of the operation and sufficient to complete it under predetermined conditions

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

- 1) the manner of storing the energy (spring, weight, etc.);
- 2) the origin of the energy (manual, electric, etc.);
- 3) the manner of releasing the energy (manual, electric, etc.).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-15]

3.6.108**independent manual operation**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-16]

3.6.109**closed position**

<of a mechanical switching device> position in which the predetermined continuity of the main circuit of the device is secured

Note 1 to entry: Predetermined continuity means that the contacts are fully closed to carry the rated continuous and the rated short-circuit currents, as applicable.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-22, modified – Note to entry has been added]

3.6.110**open position**

<of a mechanical switching device> position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the device is secured

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-23]

3.6.111**toggle point**

point beyond which any further movement of the charging mechanism causes the stored energy to be released

3.6.112**mechanical endurance**

<of a disconnector or earthing switch> capability of a disconnector or earthing switch to perform a defined number of operations without voltage on or current through the circuit under specified operation conditions

3.7 Characteristic quantities**3.7.101****peak making current**

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

Note 1 to entry: Where, for a three-phase circuit, a single value of (peak) making current is referred to, this is, unless otherwise stated, the highest value in any phase.

3.7.102

peak current

peak value of the first major loop of current during the transient period following initiation

3.7.103

short-time withstand current

current that a circuit or a switching device in the closed position can carry during a specified short time under prescribed conditions of use and behaviour

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

3.7.104

peak withstand current

value of peak current that a circuit or a switching device in the closed position can withstand under prescribed conditions of use and behaviour

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-18]

3.7.105

insulation level

set of withstand voltages specified which characterize the dielectric strength of the insulation

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-23]

3.7.106

power frequency withstand voltage

RMS value of sinusoidal power frequency voltage that the insulation of the given equipment can withstand during tests made under specified conditions and for a specified duration

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-22]

3.7.107

lightning impulse withstand voltage

peak value of the lightning impulse voltage which the insulation of the disconnector or earthing switch withstands under specified test conditions

3.7.108

switching impulse withstand voltage

peak value of the switching impulse voltage which the insulation of the disconnector or earthing switch withstands under specified test conditions

3.7.109

external insulation

distances in atmospheric air, and along the surfaces in contact with atmospheric air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other environmental conditions from the site

Note 1 to entry: Examples of environmental conditions are pollution, humidity, vermin, etc.

Note 2 to entry: External insulation is either weather-protected or non-weather-protected, designed to operate inside or outside closed shelters, respectively.

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-02, modified – Note 2 to entry has been added]

3.7.110**internal insulation**

internal distances of the solid, liquid or gaseous insulation of equipment which are protected from the effects of atmospheric and other external conditions

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-03]

3.7.111**self-restoring insulation**

insulation which completely recovers its insulating properties within a short time after a disruptive discharge

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-04]

3.7.112**non-self-restoring insulation**

insulation which loses its insulating properties, or does not recover them completely, after a disruptive discharge

Note 1 to entry: Definitions 3.7.111 and 3.7.112 apply only when the discharge is caused by the application of a test voltage during a dielectric test. However, discharges occurring in service can cause a self-restoring insulation to lose partially or completely its original insulating properties.

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-05, modified – Note to entry has been added]

3.7.113**parallel insulation**

insulator arrangement with two insulators in parallel where the distance between the two insulators might influence the dielectric strength

Note 1 to entry: With open terminal disconnectors and earthing switches, parallel insulation is used when a drive insulator is situated next to a support insulator.

3.7.114**disruptive discharge**

failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between electrodes to practically zero

Note 1 to entry: Non-sustained disruptive discharge in which the test object is momentarily bridged by a spark or arc may occur. During these events the voltage across the test object is momentarily reduced to zero or to a very small value. Depending on the characteristics of the test circuit and the test object, a recovery of dielectric strength may occur and may even allow the test voltage to reach a higher value. Such an event should be interpreted as a disruptive discharge unless otherwise specified by the relevant technical committee.

Note 2 to entry: A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength; in a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

[SOURCE: IEC 60060-1:2010, 3.1.1]

3.7.115**clearance**

distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-31]

3.7.116**clearance between poles**

clearance between any conductive parts of adjacent poles

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-32]

3.7.117

clearance to earth

clearance between any conductive parts and any parts which are earthed or intended to be earthed

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-33]

3.7.118

clearance between open contacts

total clearance between the contacts, or any conductive parts connected thereto, of a pole of a mechanical switching device in the open position

Note 1 to entry: The total clearance is the sum of the clearances existing between the contacts.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-34, modified – Note to entry has been added]

3.7.119

mechanical terminal load

external load acting on each terminal

Note 1 to entry: The external load is the result of the combined mechanical forces which may be applied to the terminals of the switching device. Wind forces acting on the equipment itself are not included as they do not contribute to the external load acting on terminals.

Note 2 to entry: A disconnector or earthing switch can be subjected to several mechanical forces different in value, direction and point of action.

Note 3 to entry: The terminal loads as defined here do not usually apply to enclosed switchgear.

3.7.119.1

static mechanical terminal load

static mechanical terminal load at each terminal equivalent to the mechanical force to which this terminal of the disconnector or earthing switch is subjected by the flexible or rigid conductor connected to this terminal

Note 1 to entry: The static mechanical terminal load includes forces resulting from ice, wind and connected conductors.

3.7.119.2

dynamic mechanical terminal load

combination of the static mechanical load and the electromagnetic forces under short-circuit conditions

3.7.120

bus-transfer current switching

opening and closing of disconnectors under load when this load is not interrupted, but transferred from one bus to a parallel bus

3.7.121

bus-transfer current

current that flows when a load is transferred from one bus system to another

3.7.122

bus-transfer voltage

power frequency voltage across the open disconnector after breaking or before making the bus-transfer current

3.7.123**induced current switching**

making or breaking of inductive or capacitive currents by an earthing switch, whereupon the currents are induced in an earthed or unearthed system by adjacent energized lines or cables

Note 1 to entry: When two or more transmission lines are mounted together, energy will be induced electrostatically and/or electromagnetically from a live system into a de-energized system resulting in capacitive or inductive currents flowing in this system, depending whether it is earthed at one or at both ends.

3.7.124**electromagnetically induced current**

<on an earthing switch> inductive current that flows through an earthing switch when it connects to and disconnects from earth one termination of a de-energized transmission line, with the other termination earthed, and with an energized line carrying current in parallel with, and in proximity to, the earthed line

Note 1 to entry: The inductive current in a de-energized line earthed at both terminations is dependent upon the current in the energized line and the coupling factor to the energized line, as determined by the circuit configuration.

3.7.125**electrostatically induced current**

<on an earthing switch> capacitive current that flows through an earthing switch when it connects to and disconnects from earth one termination of a de-energized transmission line, with the other termination open, and with an energized line in parallel with, and in proximity to, the earthed line

Note 1 to entry: The capacitive current in a de-energized line earthed at one termination is dependent upon the voltage of the energized line, the coupling factor to the energized line as determined by the circuit configuration, and the length of the earthed line between the earthed termination and the open termination.

3.7.126**bus-charging current switching**

making or breaking of bus-charging currents by disconnectors

3.7.127**bus-charging current**

capacitive current that flows when an isolated part of a busbar system is energised or de-energised

3.7.128**transient voltage to earth**

U_{TVE}

voltage to earth which appears at the first prestrike during a closing operation of a disconnector

3.7.129**filling pressure for insulation and/or switching****filling density for insulation and/or switching**

pressure in Pascal (Pa) for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or absolute terms, to which the assembly is filled before being put into service, or automatically replenished

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.6.5.1]

3.7.130**minimum functional pressure for insulation and/or switching****minimum functional density for insulation and/or switching**

pressure (Pa) for insulation and/or for switching, referred to the standard atmospheric air conditions of +20 °C and 101,3 kPa (or density), which may be expressed in relative or

absolute terms, at which and above which rated characteristics of switchgear and controlgear are maintained and at which a replenishment becomes necessary

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.6.5.5]

3.8 Index of definitions

A – B

"a" contact.....	3.5.106
"b" contact.....	3.5.107
Bus-charging current.....	3.7.127
Bus-charging current switching.....	3.7.126
Bushing.....	3.5.118
Bus-transfer current.....	3.7.121
Bus-transfer current switching.....	3.7.120
Bus-transfer voltage.....	3.7.122

C

Centre-break disconnector	3.4.103
Clearance.....	3.7.115
Clearance between open contacts	3.7.118
Clearance between poles	3.7.116
Clearance to earth	3.7.117
Closed position (of a mechanical switching device)	3.6.109
Closing operation (of a mechanical switching device)	3.6.103
Combined function earthing switch	3.4.107
Connecting point.....	3.5.115
Contact (of a mechanical switching device).....	3.5.103
Contact zone (for divided support disconnectors and earthing switches).....	3.5.111
Control contact.....	3.5.105

D

Dependent manual operation (of a mechanical switching device)	3.6.105
Dependent power operation (of a mechanical switching device)	3.6.106
Disconnector	3.4.101
Disruptive discharge	3.7.114
Divided support disconnector	3.4.102
Divided support earthing switch.....	3.4.102
Double-break disconnector.....	3.4.104
Dynamic mechanical terminal load.....	3.7.119.2

E

Earthing switch.....	3.4.106
Electromagnetically induced current (on an earthing switch)	3.7.124
Electrostatically induced current (on an earthing switch).....	3.7.125

External insulation	3.7.109
---------------------------	---------

I

Independent manual operation (of a mechanical switching device)	3.6.108
Indoor switchgear and controlgear	3.1.101
Induced current switching	3.7.123
Insulation level	3.7.105
Internal insulation	3.7.110

L – N

Lightning impulse withstand voltage	3.7.107
Main circuit (of a switching device)	3.5.102
Main contact	3.5.104
Mechanical endurance of a disconnecter or earthing switch	3.6.112
Mechanical terminal load	3.7.119
Minimum functional density for insulation	3.7.130
Minimum functional pressure for insulation	3.7.130
Non-self-restoring insulation	3.7.112

O

Open position (of a mechanical switching device)	3.6.110
Opening operation (of a mechanical switching device)	3.6.104
Operation (of a mechanical switching device)	3.6.101
Operating cycle (of a mechanical switching device)	3.6.102
Outdoor switchgear and controlgear	3.1.102

P

Parallel insulation	3.7.113
Peak current	3.7.102
Peak making current (of an earthing switch)	3.7.101
Peak withstand current	3.7.104
Pole of a switching device	3.5.101
Position-indicating device	3.5.108
Position-indicating kinematic chain	3.5.113
Position-signalling device	3.5.109
Position-signalling kinematic chain	3.5.114
Power frequency withstand voltage	3.7.106
Power kinematic chain	3.5.112

R – U

Rated filling density for insulation	3.7.129
Rated filling pressure for insulation	3.7.129
Resistor-fitted disconnecter	3.4.105
Self-restoring insulation	3.7.111
Short-time withstand current	3.7.103
Source of energy	3.5.119
Static mechanical terminal load	3.7.119.1
Stored energy operation (of a mechanical switching device)	3.6.107
Strain limiting device	3.5.116
Switch-disconnector	3.4.108
Switching impulse withstand voltage	3.7.108
Terminal	3.5.110
Test object	3.2.1
Toggle point	3.6.111
Torque (force) controlling system	3.5.117
Transient voltage to earth	3.7.128
User	3.1.103

4 Normal and special service conditions

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

5 Ratings

5.1 General

Clause 5 of IEC 62271-1:2017 is applicable for a disconnector or earthing switch, including their operating devices and auxiliary equipment. The list of ratings is complemented with the following items:

- k) rated short-circuit making current (for earthing switches only);
- l) rated contact zone;
- m) rated static mechanical terminal load;
- n) rated ice-coating;
- o) rated values of the bus-transfer current switching capability (for disconnectors only);
- p) rated values of the induced current switching capability (for earthing switches only);
- q) rated values of the bus-charging current switching capability (for disconnectors only).

In addition to the rated values given above, the following classifications may be assigned:

- r) short-circuit making class (for earthing switches only);
- s) mechanical endurance class;
- t) induced current switching class (for earthing switches only);
- u) bus-charging current switching class (for disconnectors only).

Disconnectors or earthing switches being classified for more than one switching capability may indicate their classification by combined class designations. For example, an earthing

switch having short-circuit making capability class E1 and an induced current switching capability class B may be classified as class B+E1.

Ratings for making and breaking capabilities cannot be assigned to disconnectors and earthing switches with only manual dependent operation.

In the case of disconnectors and earthing switches with both dependent power and dependent manual operation, any making and breaking capability is not valid for dependent manual operation.

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 with the following addition:

For disconnectors rated above 52 kV and disconnectors having an isolating distance in parallel to the base of the disconnector and having integrated earthing switches, the insulation level between moving parts of the earthing switch and the opposite live parts, during operation of the earthing switch, shall be at least the short-duration power frequency withstand voltage for the smallest gap between them specified in 7.2.6.

If national safety regulations specify higher withstand values for earthing switches that have manual operating mechanisms only, this has to be agreed upon between the user and the manufacturer.

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. This subclause applies only to disconnectors.

5.6 Rated short-time withstand current (I_k)

Subclause 5.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

An earthing switch may be assigned a rating different from the rating of the related main circuit (if applicable).

An earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch may be assigned a rating different from the rating of its main circuit.

5.7 Rated peak withstand current (I_p)

Subclause 5.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

An earthing switch may be assigned a rating different from the rating of the related main circuit (if applicable).

An earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch may be assigned a rating different from the rating of its main circuit.

5.8 Rated duration of short-circuit (t_k)

Subclause 5.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

An earthing switch may be assigned a rating different from the rating of the related main circuit (if applicable).

An earthing switch forming an integral part of a combined function earthing switch may be assigned a rating different from the rating of its main circuit.

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

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

5.10 Rated supply frequency of auxiliary circuits 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 addition:

5.11.101 Rated pressure of compressed gas supply for insulation and/or switching

The limits of pressure shall be given by the manufacturer.

5.11.102 Rated pressure of compressed gas supply for operation

External pneumatic or hydraulic supply:

Unless otherwise specified by the manufacturer, the limits of the operating pressure are 85 % and 110 % of the rated pressure.

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

The rated short-circuit making current is applicable only to the earthing switches class E1 and E2. This shall be equal to the rated peak withstand current.

Subclause 5.102 provides a classification of earthing switches for short-circuit making capability.

5.102 Classification of earthing switches for short-circuit making

The short-circuit making capability of earthing switches to perform a defined number of short-circuit making operations, without major maintenance, shall correspond to one of the classes given in Table 1.

NOTE The increased number of making operations of Class E2 is typically related to voltages up to and including 52 kV depending on the operating conditions and the protection systems of such networks.

Table 1 – Classification of earthing switches for short-circuit making

Class	Type of earthing switch
E0	Earthing switch with no short-circuit making capability
E1	Earthing switch with capability to perform two short-circuit making operations
E2	Earthing switch with capability to perform five short-circuit making operations

5.103 Rated contact zone

In case of divided support disconnectors and divided support earthing switches the manufacturer shall state the rated values of the contact zone (indicated by x_r , y_r and z_r). Preferred values are given in Table 2 and Table 3. The rated values shall be specified by the manufacturer. This refers also to a tolerable angular displacement of the fixed contact.

Table 2 – Preferred contact zones for "fixed" contacts supported by flexible conductors

Rated voltage U_r kV	x mm	y mm	z_1 mm	z_2 mm	
72,5 – 100	100	300	200	300	
123 – 145		350			
170	200	400	250	450	
245		500			300
300					
362			600	400	
420					
550		250	650	450	550
1 100 – 1 200	300	700	500	600	

x = total amplitude of longitudinal movement of the supporting conductor (temperature).
 y = total horizontal deflection (perpendicular to supporting conductor) (wind).
 z = vertical deflection (temperature and ice).

NOTE z_1 are values for short-span, z_2 are values for long-span of the flexible conductors to which the fixed contacts are mounted.

Table 3 – Preferred contact zones for "fixed" contacts supported by rigid conductors

Rated voltage U_r kV	x mm	y mm	z mm
72,5 – 100 – 123 – 145	100	100	100
170 – 245 – 300 – 362 – 420	150	150	150
550	175	175	175
800	200	200	200
1 100 – 1 200	250	250	250

x = total amplitude of longitudinal movement of the supporting conductor (temperature).
 y = total horizontal deflection (perpendicular to supporting conductor) (wind).
 z = vertical deflection (ice).

5.104 Rated static mechanical terminal load

When disconnectors or earthing switches are intended to be directly connected to lines, i.e. flexible or rigid conductors, the rated static mechanical terminal load of each terminal shall be assigned, indicating the directions of application.

The maximum static mechanical terminal load to which a terminal of a disconnector or earthing switch is allowed to be subjected under the most disadvantageous conditions is the rated static mechanical terminal load.

Preferred values of static mechanical terminal loads are given in Table 4 and are intended to be used as a guide.

Table 4 – Preferred static mechanical terminal loads

Rated voltage U_r kV	Rated continuous current I_r A	Two- and three-column disconnectors or earthing switches		Divided support disconnectors or earthing switches		Vertical Force F_c^a N
		Straight load F_{a1} and F_{a2}	Cross-load F_{b1} and F_{b2}	Straight load F_{a1} and F_{a2}	Cross-load F_{b1} and F_{b2}	
		In Figure 9		In Figure 8		
		N	N	N	N	
72,5	$\leq 1\,600$	400	130	800	200	500
	$> 1\,600$	500	170	800	200	
100 – 123 – 145	$\leq 1\,600$	500	170	800	200	1 000
	$> 1\,600$	600	200	1 000	300	
170	$\leq 1\,600$	600	200	1 000	300	
	$> 1\,600$	800	250	1 250	400	
245	$\leq 2\,500$	800	270	1 250	400	1 250
	$> 2\,500$	1 000	330	1 600	500	
300 – 362	$\leq 2\,500$	1 000	400	1 600	500	1 500
	$> 2\,500$	1 500	500	1 800	600	
420	$\leq 3\,150$	1 600	530	2 000	800	1 500
	$> 3\,150$	2 000	660	4 000	1 600	
550	$\leq 3\,150$	1 600	530	2 000	800	1 500
	$> 3\,150$	2 000	660	4 000	1 600	
800	$\leq 3\,150$	1 600	530	2 000	800	1 500
	$> 3\,150$	2 000	660	4 000	1 600	
1 100 – 1 200	$\leq 4\,000$	2 000	660	4 000	1 600	2 000
	$> 4\,000$	2 500	1 000	5 000	2 000	
^a F_c simulates the downward forces caused by the weight of the connecting conductors. F_c does not apply to flexible conductors.						
NOTE The static mechanical terminal load includes forces resulting from ice, wind and connected conductors.						

5.105 Classification of disconnectors for mechanical endurance

The mechanical endurance of disconnectors shall correspond to one of the classes given in Table 5. The performance is associated to a programme of maintenance defined by the manufacturer.

Table 5 – Classification of disconnectors for mechanical endurance

Class	Number of operating cycles	Mechanical endurance
M0	1 000	Normal
M1	2 000	Extended
M2	10 000	Extended

5.106 Classification of earthing switches for mechanical endurance

The mechanical endurance of earthing switches shall correspond to one of the classes given in Table 6. The performance is associated to a programme of maintenance defined by the manufacturer.

Table 6 – Classification of earthing switches for mechanical endurance

Class	Number of operating cycles	Mechanical endurance
M0	1 000	Normal
M1	2 000	Extended

5.107 Rated ice-coating

For disconnectors and earthing switches able to operate under ice-conditions a rated ice-coating shall be assigned by the manufacturer.

Preferred ratings of ice-coating are: 1 mm, 10 mm and 20 mm.

5.108 Rated values of disconnectors for bus-transfer current switching**5.108.1 Rated bus-transfer current**

The rated bus-transfer current of disconnectors used in both air-insulated and gas-insulated installations is:

- for $52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$ 80 % of the rated continuous current of the disconnector, but limited to 1 600 A;
- for $245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$ 60 % of the rated continuous current of the disconnector, but limited to 4 000 A;
- for $U_r > 550 \text{ kV}$ 80 % of the rated continuous current of the disconnector, but limited to 4 000 A.

Rated bus-transfer currents greater than the values given above may be assigned by the manufacturer.

NOTE 1 It is recognised that disconnectors of $U_r \leq 52 \text{ kV}$ can also have bus-transfer switching capability. In this case, checking of the performance is subjected to an agreement between the user and the manufacturer.

NOTE 2 For more information refer to the following: for information about 60 % and 80 %, refer to CIGRE TB 570 – 2014 [1]¹ and CIGRE SC A3 third report, presented in Paris (FR), 2016, and about 4 000 A refer to CIGRE SC A3 and B3 colloquium in Nagoya (JP), paper no. 212, 2015.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

5.108.2 Rated bus-transfer voltage

Rated bus-transfer voltages are given in Table 7. Different bus-transfer voltages than the values given in Table 7 below may be assigned by the manufacturer.

Table 7 – Rated bus-transfer voltages of disconnectors

Rated continuous current I_r A	Rated voltage U_r			Rated voltage U_r		
	$52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$	$U_r > 550 \text{ kV}$	$52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$	$U_r > 550 \text{ kV}$
	Gas-insulated installations V (RMS value)			Air-insulated installations V (RMS value)		
2 000	10	15	20	100	175	250
2 500					220	310
3 150		20	30		275	390
4 000		25	42		350	500
5 000					435	625
6 300		35			550	
8 000					580	

NOTE The values in the table are based on calculations of a bus-transfer current corresponding to the rated continuous current of the disconnector taking into account typical loop lengths and impedances given in Annex B.

5.109 Classification and rated values of earthing switches for induced current switching

Rated induced current and voltage shall be assigned to earthing switches of $U_r > 52 \text{ kV}$ and designed for making or breaking of inductive or capacitive induced currents (see 3.7.124 and 3.7.125), hence requiring an induced current switching capability.

For this application, a classification for induced current switching (class A or B) shall be assigned to the earthing switch. This class depends upon the severity of the induced current switching duty. The classification of earthing switches for induced current switching is given in Table 8.

Table 8 – Classification of earthing switches for induced-current switching

Class	Type of earthing switch
A	Earthing switch designed to be used in circuits having relatively short sections of line or low coupling to adjacent energized circuits
B	Earthing switch designed to be used in circuits having relatively long sections of lines or high coupling to adjacent energized circuits

The values of rated induced current and voltage for the two classes of earthing switches are given in Table 9. These values represent the maximum switching capabilities for each rated voltage.

Table 9 – Rated induced currents and voltages

Rated voltage U_r kV	Electromagnetic coupling				Electrostatic coupling				
	Rated induced current A (RMS value)		Rated induced voltage kV (RMS value)		Rated induced current A (RMS value)		Rated induced voltage kV (RMS value)		
	Class		Class		Class		Class		
	A	B	A	B	A	B	A	B	
72,5	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6	
100									
123									
145									
170									
245	80	160							
300									
362									
420									
550									
800									
1 100	110	440	5	65	7,5	50	20	40	
1 200									

NOTE 1 In some situations (very long sections of the earthed line in proximity to an energized line; very high loading on the energized line; energized line having a service voltage higher than the earthed line, etc.), the induced current and voltage can be higher than the given values. For these situations, the rated values are subject to agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 The rated induced voltages correspond to line-to-earth values for both single-phase and three-phase tests (see 7.107.5).

5.110 Classification and rated values of disconnectors for bus-charging current switching

Disconnectors forming part of the gas-insulated switchgear and controlgear of $U_r \geq 300$ kV shall be classified for bus-charging current switching performance. Tests for disconnectors of $U_r < 300$ kV are generally not necessary and are subject to agreement between the manufacturer and the user. In any case, for $52 \text{ kV} < U_r < 300 \text{ kV}$, the test for classification of BCS is not mandatory.

NOTE Bus-charging switching capability for air-insulated disconnectors is subject to agreement between the manufacturer and the user, refer to IEC/TR 62271-305.

Four classes are distinguished depending upon application. See Table 10, where the associated test duties are also indicated.

Table 10 – Classification of disconnectors for bus-charging switching

Class	Application	Associated test duties (see 7.108.2)
BCS	Switching of very short sections of busbar ducts of open circuits	TD ₁
BCB	BCS class + switching of parallel capacitors associated to circuit-breakers, under 180° out-of-phase condition of open circuits	TD ₁ & TD ₂
BCL	BCS class + switching of long sections of busbar ducts of open circuits	TD ₁ & TD ₃
BCT	BCS class + BCB class + BCL class	TD ₁ , TD ₂ & TD ₃

The rated bus-charging current is associated only to disconnectors classified as BCL or BCT. No rated bus-charging current can be assigned to TD₁ and TD₂, as they depend on the design, the physical construction of the installation, and rated voltage. The standard values for this rating are given in Table 11. These values are only associated to the de-energizing of long sections of busbar ducts in accordance with test duty 3 in 7.108.2. For more information, refer to Annex B.

Table 11 – Standard rated bus-charging currents

Rated voltage U_r kV (RMS value)	72,5	100	123	145	170	245	300	362	420	550	800	1 100	1 200
Rated bus-charging current A (RMS value)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0

NOTE The values are normally not exceeded in practice. They apply to 50 Hz as well as to 60 Hz. In the case of higher values in practice, other test values are considered by agreement between the manufacturer and the user.

6 Design and construction

6.1 Requirements for liquids in disconnectors and earthing switches

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

6.2 Requirements for gases in disconnectors and earthing switches

Subclause 6.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

NOTE In general, the term "gas" for insulation and/or switching in this document refers to SF₆. However, the principles expressed could be also used for other gases.

6.3 Earthing of disconnectors and earthing switches

Subclause 6.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions.

For disconnectors and earthing switches used in enclosed switchgear and controlgear assemblies, 5.3 of IEC 62271-200:2011, IEC 62271-201:2014 or IEC 62271-203:2011 is applicable (as it corresponds).

Metallic enclosures and operating mechanisms not mounted together with and not electrically connected to the metallic frame of the disconnector or earthing switch, shall be provided with an earthing terminal marked with the protective earth symbol.

If, for testing purposes after installation (e.g. cable testing, contact resistance measurement), a removable connection for earthing the main circuit through the earthing switch exists, it shall be able to withstand the rated peak and short-time withstand current. The relevant insulation level (DC and AC) of this external connection – when removed – shall be stated by the manufacturer.

6.4 Auxiliary and control equipment and circuits

Subclause 6.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

Refer also to 6.104 of this document.

6.5 Dependent power operation

Subclause 6.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions.

In case of disconnectors and earthing switches with both dependent power and dependent manual operation, the noncapability of making and breaking, when manually operated, shall be clearly stated in the instruction manual and close to the point of manual operation.

Disconnectors and earthing switches having a pneumatic or hydraulic operating device shall be capable of closing and opening when the supply pressure is between the minimum and the maximum supply pressure specified (refer to 5.11.102).

See also 6.105 for maximum manual operating forces.

6.6 Stored energy operation

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

See also subclause 6.105 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 subclause 6.105 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

Subclause 6.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

- Disconnectors, earthing switches and their operating devices that are designed to be:
 - used as stand alone or may be integrated as components for switchgear, shall be provided with nameplates that contain information in accordance with Table 12;

- integrated in a particular family of switchgear and controlgear shall integrate the information on the nameplate(s) and/or in the manufacturer instruction manual of the switchgear and controlgear, as indicated in Table 12.

Table 12 – Product information (1 of 2)

Information to be put on the nameplate	Abbreviation	Unit	Disconnecter	Earthing switch ^a	Operating device
Manufacturer			x	x	x
Manufacturer's type designation			x	x	x
Mechanical endurance class			x ^b	x ^b	x
Short-circuit making capability class				x ^b	
Instruction book reference			x	x	x
Year of manufacture			x	x	x
Reference of this standard			x	x	x
Serial number			x	x	x
Rated voltage	U_r	kV	x	x	
Rated frequency	f_r	Hz	x	x	
Rated lightning impulse withstand voltage	U_p	kV	x	x	
Rated switching impulse withstand voltage for $U_r \geq 300$ kV	U_s	kV	x	x	
Rated power-frequency withstand voltage	U_d	kV	x	x	
Rated continuous current	I_r	A	x		
Rated short-time withstand current	I_k	kA	x	x	
Rated duration of short-circuit	t_k	s	x ^c	x ^c	
Rated peak withstand current	I_p	kA	x	x	
Rated short-circuit making current	I_{ma}	kA		x ^d	
Insulating fluid and mass	M_f	kg	x ^e	x ^e	
Minimum and maximum ambient air temperature		°C	x ^f	x ^f	x ^f

Table 12 (2 of 2)

Information to be put either on the nameplate or in the instruction manual	Abbreviation	Unit	Disconnecter	Earthing switch ^a	Operating device
Rated bus-charging current	I_{bc}	A	x ^g		
Class of bus-charging current switching			x ^g		
Rated bus-transfer current	I_{bt}	A	x ^h		
Rated bus-transfer voltage	U_{bt}	V	x ^h		
Class of earthing switch (class A or B) ⁱ				x ⁱ	
Rated induced current (electromagnetic)	I_{im}	A		x ⁱ	
Rated induced voltage (electromagnetic)	U_{im}	V		x ⁱ	
Rated induced current (electrostatic)	I_{is}	A		x ⁱ	
Rated induced voltage (electrostatic)	U_{is}	V		x ⁱ	
Value of the resistor	R	Ω	x ^j		
Rated filling pressure for operation	P_{rm}	Pa			x
Minimum functional pressure for operation	p_{mm}	Pa			x
Alarm pressure for operation	P_{am}	Pa			x
Rated filling pressure for insulation	P_{re}	Pa	x	x	
Minimum functional pressure for insulation	p_{me}	Pa	x	x	
Alarm pressure for insulation	P_{ae}	Pa	x	x	
Minimum functional pressure for switching	p_{sw}	Pa	x	x	
Rated supply voltage of auxiliary and control circuits	U_a	V			x ^k
Rated static mechanical terminal load	F	N	x	x	
Mass (including liquid)	M	kg	x	x	x
Rated ice-coating		mm	x	x	x
Rated contact zone	x_r, y_r and z_r	mm	x ^l	x ^l	
NOTE 1 The marking of values indicated by x is mandatory (if applicable).					
NOTE 2 The word "rated" does not need to appear on the nameplate.					
^a One nameplate may be used for an earthing switch and disconnector assembled as a single unit. ^b The class marking is mandatory if different from M0 or E0. It may be included into the type designation to avoid additional space requirement. ^c Mandatory if t different from 1 s. ^d For earthing switches having short-circuit making capability. ^e Chemical formula for gas or commercial name for liquid (if any of both) shall be indicated. ^f Mandatory if different from –5 °C and/or +40 °C. ^g For disconnectors forming a part of gas-insulated switchgear and controlgear of $U_r \geq 300$ kV. ^h For disconnectors of $U_r > 52$ kV having bus-transfer current switching capability. ⁱ For earthing switches of $U_r > 52$ kV having induced current switching capability. ^j For resistor-fitted disconnectors. ^k Rated supply voltages of auxiliary and control circuits may have separate values which have to be indicated. Manufacturer shall also indicate if the supply is dc or ac source. ^l For divided support disconnectors and/or divided support earthing switches of $U_r > 52$ kV.					

6.12 Locking devices

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

Disconnectors and earthing switches to be mechanically interlocked by blocking the operating shaft or power kinematic chain of the disconnector or earthing switch, and not integrated in switchgear and controlgear assemblies covered by the standards IEC 62271-200, IEC 62271-201 or IEC 62271-203, 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 6.104 of this document.

6.14 Degree of protection provided by enclosures

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

The degree of protection provided by enclosures for outdoor installation shall be a minimum of IP3XDW of IEC 60529:1989 + AMD1:1999 + AMD2:2013.

For indoor installations the degree of protection shall be not less than IP2X of IEC 60529:2013.

6.15 Creepage distances for outdoor insulators

Subclause 6.15 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

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 with the following addition:

The pressure in Pa (or density) or liquid mass shall be assigned by the manufacturer referred to atmospheric air conditions of 20 °C at which the gas- or liquid-filled switchgear is filled before being put into service.

For operating devices having their own compressor or pump integral to them and with their own supplying pressure tank, the limits of filling (operating) pressure shall be stated by the manufacturer.

6.101 Particular requirements for earthing switches

Any material and any cross-section is allowed for connections between movable parts of an earthing switch and its frame, provided that the connections are able to withstand the electrical, mechanical and environmental stresses that occur in service.

6.102 Requirements in respect of the isolating distance of disconnectors

When the insulation across the isolating distance may be subjected to pollution in service, care shall be taken to ensure the suitability of insulator design (e.g. creepage distance, hydrophobicity, orientation of insulator). IEC/TS 60815 (all parts) [3] can be used for guidance selecting the appropriate insulator design. The satisfactory performance of the insulation across the isolating distance under polluted conditions should be verified with the appropriate voltage withstand level corresponding to the isolating distance for which the disconnector is intended.

The design has also to take into account the effects of contamination caused by wear and arcing by-products. The effectiveness of the design to withstand these effects is verified by the condition checks specified in Clause 7 after the relevant type tests.

NOTE 1 It is usual that the isolating gap of a disconnector is longer than the phase-to-ground insulating distance, since IEC 62271-1:2017 specifies higher voltage withstand levels across the isolating distance than for the phase-to-ground insulation. However, where a long creepage distance is required, the phase-to-ground insulation distance can become longer than the isolating gap of the disconnector. For such cases the use of protective devices such as surge arresters or rod gaps can be necessary.

NOTE 2 Test method for insulators can be found in IEC 60507 [2] and IEC/TS 60815 (all parts) [3]

6.103 Mechanical strength

The disconnector and earthing switch, including the insulators used, installed according to the manufacturer's instructions shall be able to:

- open and close correctly the main contacts under its rated static mechanical terminal loads;
- carry the rated continuous current (when applicable) under its rated static mechanical terminal loads;
- withstand the dynamic forces on its terminals under short-circuit conditions.

The required cantilever strength of an insulator shall be calculated taking into consideration the height of the terminal above the top of the insulator as well as additional forces acting on the insulator (see 3.7.119 and 9.102.4).

6.104 Operation of disconnectors and earthing switches – Position of the movable contact system and its indicating and signalling devices

6.104.1 Securing of position

Disconnectors and earthing switches, including their operating mechanisms, shall be designed in such a way that they cannot come out of their open or closed position by gravity, wind pressure, vibrations, reasonable shocks or accidental touching of the connecting rods of their operating system according to their service conditions as defined in Clause 4.

Disconnectors and earthing switches shall permit temporary mechanical locking in at least the open position (for disconnectors) and closed position (for earthing switches) except for disconnectors or earthing switches whose contacts are directly moved by a hook-stick.

6.104.2 Additional requirements for power-operated mechanisms

Power operated mechanisms shall also provide a manual operating facility. Connecting a hand-operating device (for instance a hand crank) to the power-operated mechanism shall ensure safe interruption of the control energy to the power-operated mechanism.

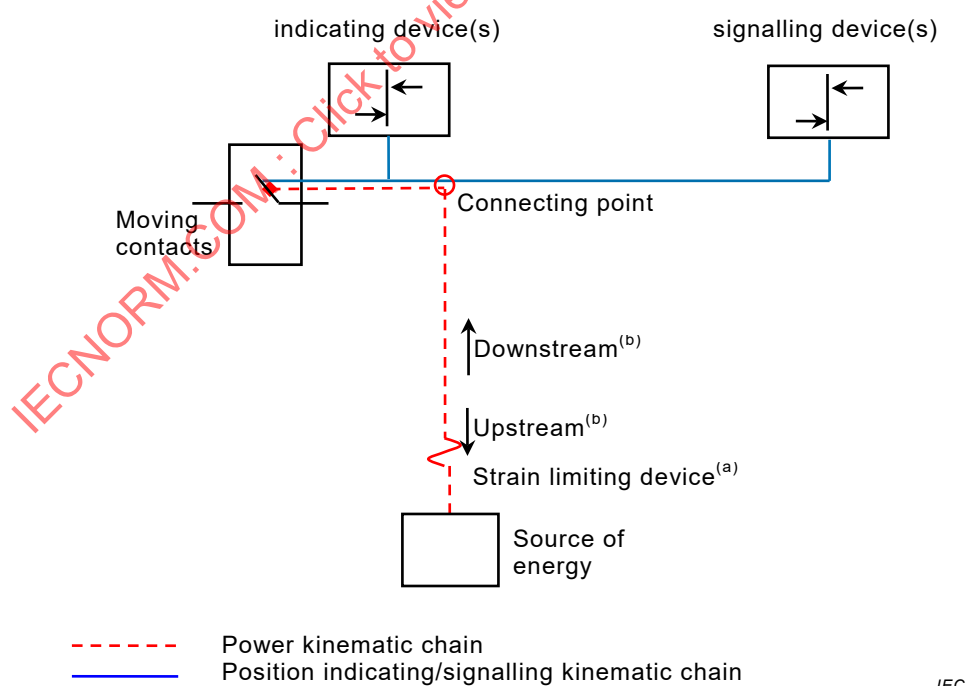
6.104.3 Indication and signalling of position

6.104.3.1 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.

NOTE For the definition of "closed" and "open" see 3.6.109 and 3.6.110.

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



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 6.104.3.2 and 6.104.3.3.

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 + AMD1:1999 + 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.

6.104.3.2 Indication of position

It shall be possible to know the position of the disconnector or earthing switch. The indication of the position of the disconnector or earthing switch is given if one of the following conditions is fulfilled:

- at least the position of the moving contacts of each pole is visible for disconnectors in open position and for earthing switches in closed position;
- both the open and closed positions of the moving contacts of each pole are indicated by a reliable position-indicating device. A common position-indicating device may be used only if all the poles of the disconnector or earthing switch are operated by a common operating mechanism.

NOTE In some countries the design of the disconnector is such that the isolating distance is visible (Canada).

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 (7.105). 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.

6.104.3.3 Signalling of position by auxiliary contacts

A common signal for all poles of a disconnector or earthing switch shall be given only if all poles of the disconnector or earthing switch are in a position in accordance with 6.104.3.1.

A common position-signalling device is permitted to be used only if the disconnector or earthing 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.

6.105 Maximum force required for manual (dependent or independent) operation

6.105.1 General

The values given in 6.105.2 and 6.105.3 also apply to maintenance manual operation of normally motor-operated disconnectors and earthing switches.

NOTE These values include ice-breaking, if applicable.

6.105.2 Operation requiring more than one revolution

The maximum force needed to operate or store energy in a disconnector or earthing switch with more than one revolution (hand crank for example) shall not exceed 80 N during 90 % of the total required revolutions and never exceed 120 N.

6.105.3 Operation requiring up to one revolution

The force needed to operate or store energy in a disconnector or earthing switch requiring up to one revolution (swing lever for example) should not exceed 250 N (refer to 6.6.4 of IEC 62271-1:2017). A maximum value of 450 N is accepted during a rotation of 15° maximum.

6.106 Dimensional tolerances

For disconnectors and earthing switches installed and/or connected by the user, the relevant mounting dimensions and the dimensions of high-voltage connections as well as the earthing connections of disconnectors and earthing switches, the tolerances given in ISO 2768-1 shall apply for linear and angular dimensions.

6.107 Earthing switches with short-circuit making current capability

Earthing switches assigned for short-circuit making current shall be capable of making at rated and lower voltage, any current up to and including the rated short-circuit making current. This requirement is considered to be satisfied if the earthing switch successfully demonstrates its electrical endurance class.

7 Type tests

7.1 General

7.1.1 Basics

Subclause 7.1.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions.

Disconnectors and earthing switches shall be tested to verify their rated characteristics, under the proper conditions of installation and use (e. g. they shall be tested as normally installed in the gas-insulated or metal-enclosed switchgear and controlgear) with all associated components, the arrangement of which may influence the performance, such as connections, supports, provisions for venting, resistors etc.

Disconnector and earthing switches that are different in construction or mounting arrangements as compared to the given examples in Clause 7 shall be tested in conditions that are representative of the actual installation.

NOTE Associated components are likely to influence the performance. Mechanical forces due to the short-circuit current, venting of arc-products, the possibility of disruptive discharges, etc., could characterise this influence. It is recognized that, in some cases, such influences may be quite negligible.

The same setting of the position-signalling device for closed and open positions shall be used for the dielectric test and the short-time withstand current and peak withstand current tests.

The type tests for disconnector and earthing switch are listed in Table 13. For the type tests, the tolerances on test quantities are given in Annex C.

Information regarding the extension of validity of type tests is given in Annex E (informative).

Table 13 – List of type tests

Type test, dependent upon application, rating or design	Condition	Related device		Subclauses
		Disconnecter	Earthing switch	
Dielectric tests	a	x	x	7.2
Measurement of the resistance of the main circuit	a	x		7.4.4
Continuous current tests	a	x		7.5
Short-time withstand current and peak withstand current tests	a	x	x	7.6
Mechanical endurance tests	a	x	x	7.102.3
Verification of the degree of protection	Assigned IP- and/or IK-code	x	x	7.7
Radio interference voltage (RIV) test	$U_r \geq 245$ kV	x	x	7.3
Tightness tests	Controlled, sealed or closed pressure systems	x	x	7.8
EMC tests	Presence of electronic components	x	x	7.9
Additional tests on auxiliary and control circuits	Presence of auxiliary and control circuits	x	x	7.10
X- ray radiation test	Presence of vacuum interrupters	x	x	7.11
Test to prove the short-circuit making performance of earthing switches	Class E1 or E2		x	7.101
Contact zone test	Divided support	x	x	7.102.2
Operation during application of rated static mechanical terminal load	Assigned mechanical terminal load	x	x	7.102.4
Extended mechanical endurance tests	Class M1 or M2	x	x	7.102.5
Testing on mechanical interlocking devices	Presence of interlock blocking the operating shaft or power kinematic chain	x	x	7.102.6
Operation under severe ice conditions	10 mm and above	x	x	7.103
Low and high temperature tests	If maximum ambient temperature $> +40^\circ\text{C}$ or minimum ambient temperature $< -5^\circ\text{C}$	x	x	7.104
Tests to verify the proper functioning of the position-indicating device	Presence of position-indicating device	x	x	7.105
Bus-transfer current switching tests	Bus-transfer current switching capability ^b	x		7.106
Induced current switching tests	Class A or B ^c		x	7.107
Bus-charging current switching tests	Bus-charging current switching capability ^{d, e}	x		7.108
^a Mandatory without condition for the related device. ^b Applicable to disconnectors of $U_r > 52$ kV. ^c Applicable to earthing switches of $U_r > 52$ kV. ^d Applicable to disconnectors of $U_r > 52$ kV forming part of gas-insulated switchgear. For $U_r < 300$ kV, tests are generally considered not necessary and are subject to agreement between user and manufacturer. ^e Bus-charging switching capability for air-insulated disconnectors is subject to agreement between the manufacturer and the user, refer to IEC/TR 62271-305.				

7.1.2 Information for identification of test objects

Subclause 7.1.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

At the beginning of the type tests, the mechanical operating characteristics and their tolerances for the disconnector or earthing switch during opening and/or closing shall be given by the manufacturer, e.g. time between events during operation and no-load travel curves.

7.1.3 Information to be included in type test reports

Refer to 7.1.3 of IEC 62271-1:2017 with the following additions (where applicable):

When for testing purposes, the insulators are not provided by the manufacturer of the disconnector or earthing switch, the most important features of insulators used during type tests shall be included in the relevant test reports for comparison with those described in the manufacturer's documentation:

- rated cantilever strength;
- rated torsional strength of support insulators (and operating insulators, where applicable);
- height and number of elements;
- creepage length and shed-profile;
- deflection under load.

In the case of dielectric tests, information shall be included regarding the smallest gap at which the indicating or signalling device can signal the position OPEN. For air-insulated devices, the minimum size of the gap and the height above ground used for the test shall be stated (see 7.2.4). Also the distance of the lowest part of insulation to ground shall be given.

7.2 Dielectric tests

7.2.1 General

Subclause 7.2.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.2 Ambient air conditions during tests

Subclause 7.2.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.3 Wet test procedure

Subclause 7.2.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.4 Arrangement of the equipment

Subclause 7.2.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Dielectric tests on disconnectors or earthing switches when in the OPEN position shall be carried out with the minimum isolating distance for the disconnector or gap for the earthing switch at which the indicating or signalling device can signal the position OPEN or the minimum isolating distance compatible with the locking arrangements specified in 6.104.1, whichever is the smallest. This requirement does not apply to independent operated indoor disconnectors and earthing switches.

Where the design requires an adjustment of the position indicator or the position-signalling device, this shall be performed according to the instruction manual. No deviation of these devices is acceptable for dielectric tests.

7.2.5 Criteria to pass the test

Subclause 7.2.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.6 Application of the test voltage and test conditions

Subclause 7.2.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions.

Disconnectors of $U_r > 52$ kV having an isolating distance in parallel to the base of the disconnector and having integrated earthing switches, shall also be tested in open position, in dry conditions only, with the power frequency test voltage given in Table 14 in the most disadvantageous dielectric position of the earthing switch. If the minimum temporary clearance is larger than the clearances given in IEC 60071-2, no test is required.

Table 14 – Power frequency withstand voltages

Rated voltage U_r kV	Test voltage kV
72,5	94
100	130
123	160
145	188
170	221
245	283
300	346
362	418
420	484
550	635
800	924
1 100	1 270
1 200	1 386

NOTE See Annex A for rationale of the values given in Table 14.

For testing of earthing switches, the test voltage shall be applied with the earthing switch in the open position (see Table 21):

- between adjacent insulated terminals with the bases earthed (e.g. A to B with F earthed);
- between all the insulated terminals connected together and the bases earthed (e.g. ABC to F earthed).

7.2.7 Tests of disconnectors and earthing switches of $U_r \leq 245$ kV

Subclause 7.2.7 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.8 Test of disconnectors and earthing switches of $U_r > 245$ kV

Subclause 7.2.8 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.9 Artificial pollution tests for outdoor insulators

Subclause 7.2.9 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

NOTE The performance of parallel insulation can be affected under pollution and rain (additional pollution tests could be necessary).

7.2.10 Partial discharge tests

Subclause 7.2.10 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Partial discharge tests are not required to be performed on the complete disconnector or earthing switch except when required by the assembly standards i.e. IEC 62271-200, IEC 62271-201 and IEC 62271-203. However, in the case of disconnectors and earthing switches using components for which a relevant IEC standard exists, including partial discharge measurements (for example, bushings, see IEC 60137), evidence shall be provided by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as laid down in the relevant IEC standard. For partial discharge measurement, see IEC 60270.

NOTE 1 The measurement of partial discharge test is a suitable means of detecting certain defects in the equipment under test and is a useful complement to the dielectric tests. Experience shows that partial discharges can lead in particular arrangements to a degradation in the dielectric strength of the equipment, especially of solid insulation.

NOTE 2 Other methods, for example UHF or acoustic methods, for measuring or detecting the partial discharge other than the one considered in IEC 60270, can be employed by agreement.

7.2.11 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.2.11 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.2.12 Voltage test as condition check

Subclause 7.2.12 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.3 Radio interference voltage (RIV) test

Subclause 7.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

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.

7.6.2 Arrangement of the disconnectors and earthing switches and of the test circuit

Subclause 7.6.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

7.6.2.101 General test conditions

The disconnectors or earthing switches under test shall be installed with their own operating mechanism as far as necessary to make the test representative.

Disconnectors having accessories to accommodate a bus-transfer current switching capability, and earthing switches having accessories to accommodate induced current switching capability, shall be tested with these devices mounted.

Tests shall be carried out employing the least favourable position of the operating mechanism and the main contacts. Consideration should be given to 6.104.3 and, where applicable, to 7.105.

Where the design requires an adjustment of the position indicator or the position-signalling device, this shall be performed according to the instruction manual. No deviation of these devices is acceptable for short-circuit tests.

If the design allows tolerances, these shall be declared by the manufacturer prior to the test. The short-time withstand current and peak withstand current tests shall be performed with the signalling device set at the maximum or minimum specified tolerance giving the least favourable status of the main contacts indicated by the signalling device. This requirement does not apply to independently operated indoor disconnectors and earthing switches.

NOTE The least favourable status of the main contacts is the first position at which during closing operation the "CLOSED" signal appears.

Open type disconnectors and earthing switches shall be tested with one of the appropriate test arrangements as specified in Figures 2, 3, 4 or 5. Where flexible conductors are used in the test setup, the terminals of the disconnectors or earthing switches under test shall be loaded with their longitudinal rated static mechanical terminal loads applied in the directions indicated by the manufacturer.

The test arrangement shall also be representative of the least favourable conditions of electromagnetic forces tending to open the disconnector or earthing switch. The tests on an earthing switch integral to a disconnector shall be made with the same test connections as for the disconnector test.

Single phase tests on disconnector or earthing switches having one common operating mechanism for three poles shall be performed on a single pole farthest from the operating mechanism.

Earthing switches not forming an integral part of a disconnector shall be tested in an arrangement that fulfils the same requirements as for disconnectors.

Disconnectors and earthing switches integrated in enclosed switchgear shall be tested as part of the switchgear assembly in accordance with IEC 62271-200, IEC 62271-201 or IEC 62271-203.

For divided support disconnectors and earthing switches, the vertical position of the contact in the contact zone shall be chosen to represent the most unfavourable condition with respect to the mounting of the fixed contact to flexible conductors or a rigid conductor. In case of doubt of the most unfavourable condition, the tests shall be performed in the highest and the lowest position of the contact within the rated contact zone.

All tests should preferably be performed three-phase. If a single-phase test is performed, the test should preferably be performed on two adjacent poles. If the test is performed on one pole, the return conductor shall be at phase distance from the tested pole. The return conductor shall be parallel to the main current path of the disconnector or earthing switch and at the same elevation above the base, or the equivalent, for disconnectors and earthing switches with vertical moving contact. The length of the return conductor shall be as given in Figures 2 to 5, as appropriate.

7.6.2.102 Disconnectors and earthing switches of $U_r \leq 52$ kV

The test arrangement given in Figure 2 shall be used for open type disconnectors and earthing switches of $U_r \leq 52$ kV. Hereby the distances L_2 and L_3 are as small as possible, but not smaller than L_1 .

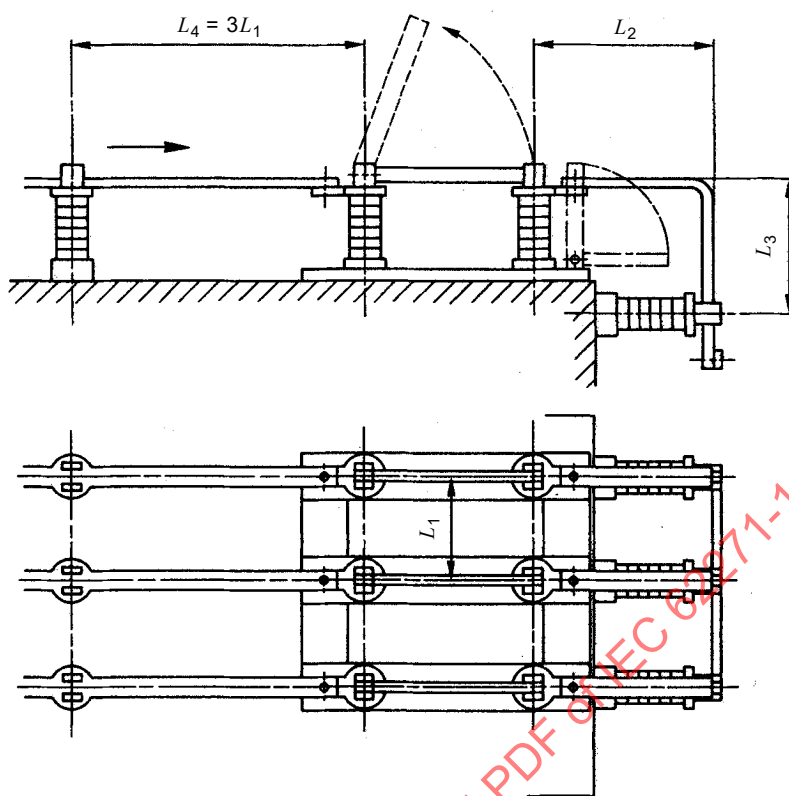


Figure 2 – Three-phase test arrangement for disconnectors and earthing switches

The represented disposition covers:

- unsupported distances equal or smaller than L_4 for rigid conductors;
- phase-distance equal or larger than L_1 .

If L_1 has a range the phase distance of the test setup shall be the shortest. L_4 shall be the longest distance given by the manufacturer but not less than three times the shortest L_1 .

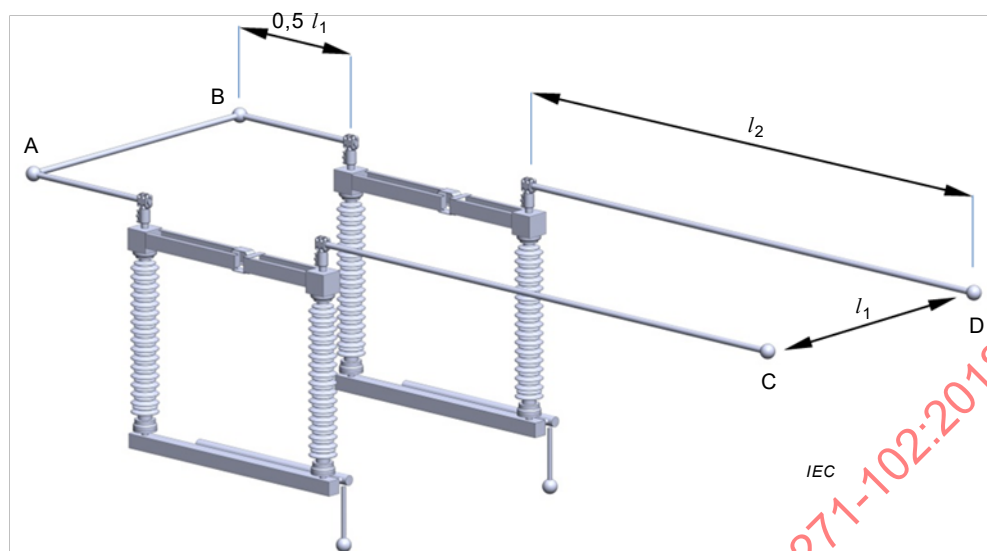
Avoid introduction of forces not representative of service conditions by the connections to the supply.

7.6.2.103 Disconnectors and earthing switches of $U_r > 52$ kV

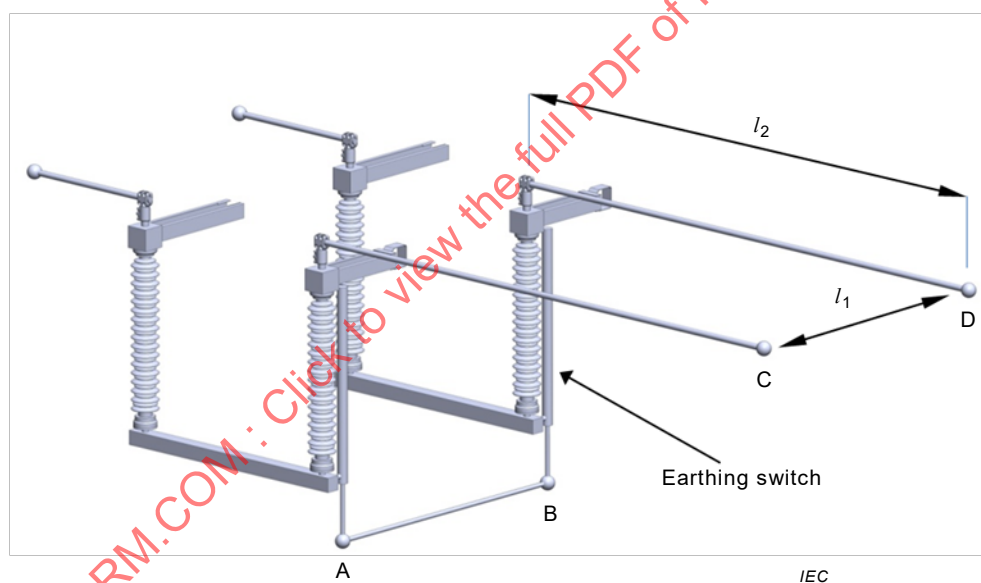
The single-phase test arrangement given in Figure 3 shall be used for disconnectors with a horizontal isolating distance and the relevant earthing switches; the test arrangement given in Figure 4 and Figure 5 shall be used for divided support disconnectors with a vertical isolating gap and the relevant earthing switches. Test results obtained on a disconnector or earthing switch placed in a certain position (e.g. horizontal or vertical) are valid only for the position of the disconnector or earthing switch during this test.

Three-phase test arrangements shall follow the same general pattern as the single-phase test arrangements of Figure 3 to Figure 5.

The short-circuit path between poles of the earthing switch schematically represented in Figure 3 shall reproduce during tests the installation conditions stated by the manufacturer. In particular, the position and fixing method of the conductors used to connect the poles between them and to the earth shall be considered.



a) Test arrangement for disconnectors



b) Test arrangement for earthing switches

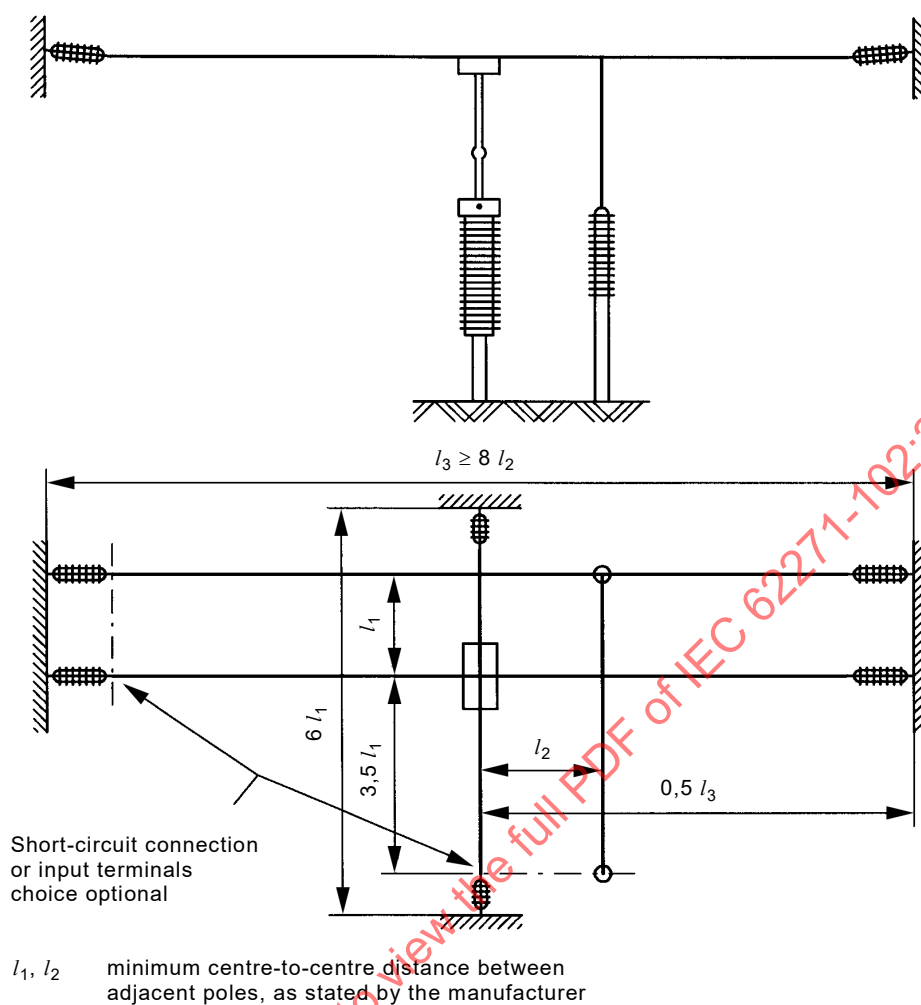
Key

A–B Short-circuit connection

C–D Input

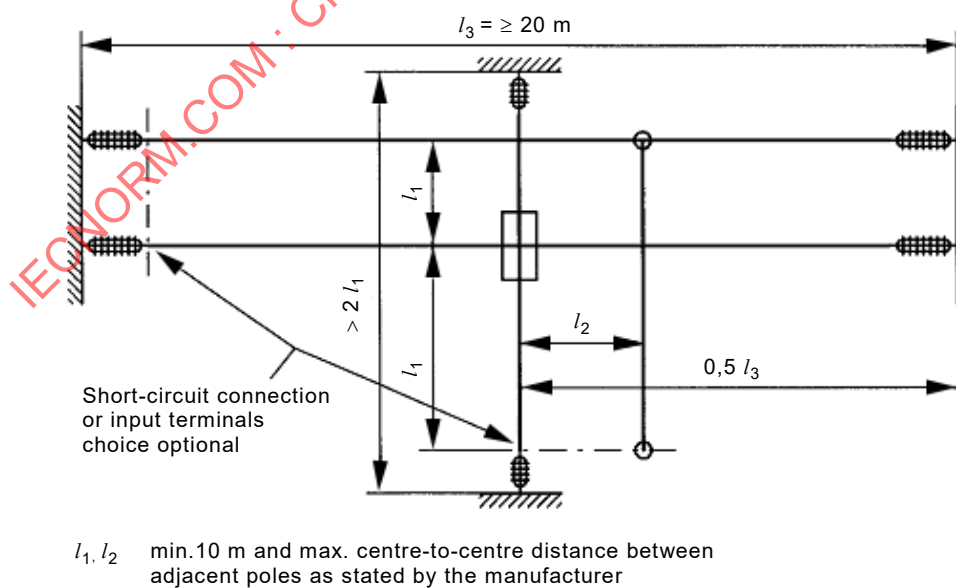
 l_1 Minimum centre-to-centre distance between adjacent poles, as stated by the manufacturer $l_2 = 2 \times l_1$ For $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$ $l_2 = 0,5 \times l_1$ For $U_r > 550 \text{ kV}$, with a minimum of 7 m

Figure 3 – Single-phase test arrangement for disconnectors with a horizontal isolating distance and for earthing switches of $U_r > 52 \text{ kV}$, to be used with flexible or with rigid conductors



IEC

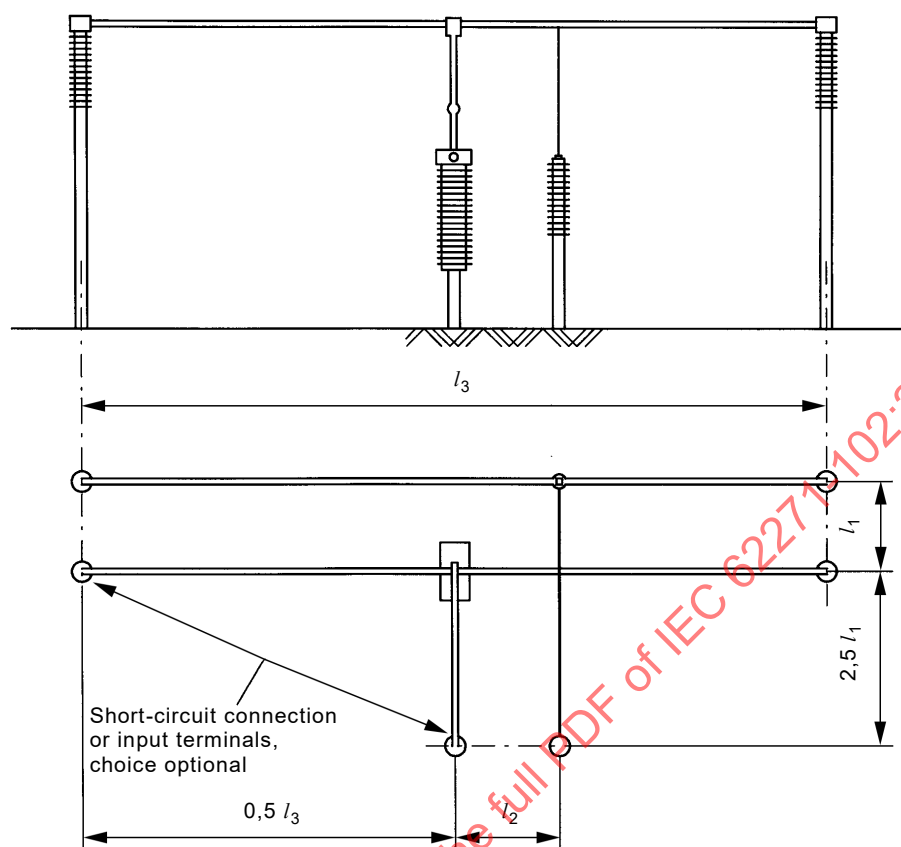
a) Test arrangement for disconnectors of $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$



IEC

b) Test arrangement for disconnectors of $U_r > 550 \text{ kV}$

Figure 4 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) of $U_r > 52 \text{ kV}$ with a vertical isolating distance, to be used with flexible conductors



l_1, l_2 minimum centre-to-centre distance between adjacent poles, as stated by the manufacturer

For $U_r \leq 145$ kV

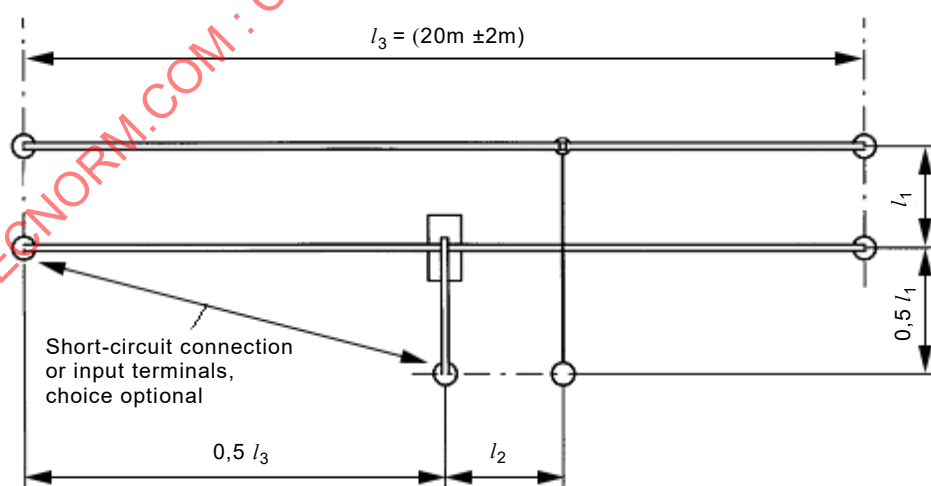
$l_3 \geq 4l_1$

For $U_r \geq 170$ kV

$l_3 = (20 \pm 2)$ m

IEC

a) Test arrangement for disconnectors of $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$



l_1, l_2 minimum centre-to-centre distance between adjacent poles, as stated by the manufacturer

IEC

b) Test arrangement for disconnectors of $U_r > 550 \text{ kV}$

Figure 5 – Single-phase test arrangement for divided support disconnectors (earthing switches) of $U_r > 52 \text{ kV}$ with a vertical isolating distance, to be used with rigid conductors

Disconnectors and earthing switches to be connected in the substation to flexible or rigid conductors, according to their documentation, shall be tested using flexible conductors with their rated static mechanical terminal load (e.g. longitudinal direction F_{a1} or F_{a2} in Figure 8 and F_{a1} , and F_{a2} in Figure 9) in a test setup with the dimensions given in Figure 3 or Figure 4 respectively. Disconnectors and earthing switches, according to their documentation, to be connected only to rigid conductors shall be tested with rigid conductors in a test arrangement with the same dimensions and without intentional static mechanical terminal load except the one given by the weight of rigid conductors. The dimensions and material of the conductors used shall be stated in the test report.

After applying 50 % of the longitudinal rated static terminal load, the disconnector or earthing switch may be adjusted, before the 100 % load is applied

All details referring to the test arrangement are mandatory, the details of the disconnector and earthing switch shown are given as an example.

For standardization of tests when they are performed with flexible conductors, where the rated currents of the equipment are larger than 1 250 A continuous current or 31,5 kA short-time withstand current for a duration of 1 s, two flexible conductors shall be used having a centre line distance of (70 ± 30) mm without spacers. Disconnectors and earthing switches of $U_r \geq 300$ kV shall also be tested with these two flexible conductors.

Unless the tested disconnector or earthing switch is solidly fixed to the foundation, the spring constant of the support structure has to be taken into consideration (IEC 60865-1).

The test report shall provide clear details of the mounting arrangements used for the tests or record that the disconnector was solidly fixed to the foundations.

Avoid introduction of forces not representative of service conditions by the connections to the supply, and static terminal loads larger than the rated static mechanical terminal loads of the test object.

If, in the test setup, the short side of the low-level conductor cannot be supported, it may be supported by the disconnector. This may result in a higher dynamic mechanical terminal load.

NOTE 1 In principle, Figure 3 can be used for testing earthing switches with an appropriate arrangement of the earth conductor.

NOTE 2 In principle, Figure 4 can be used for testing integrated earthing switches with an appropriate arrangement of the earth conductor.

7.6.3 Test current and duration

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

7.6.4 Conditions of disconnectors and earthing switches after test

Subclause 7.6.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition.

The rated peak withstand current and the rated short-time withstand current, carried by a disconnector or earthing switch in the closed position during the rated duration of short-circuit, shall not cause:

- mechanical damage to any part of the disconnector or earthing switch;
- separation of the contacts.

After the test, a no-load operation shall be made with the rated value of power supply for independent power-operated devices, with minimum value of power supply for dependent power-operated devices, and for manually (dependent or independent) operated devices with

a force no higher than the values given for manually operated devices in 6.105. The disconnector or earthing switch shall open at the first attempt.

In the case of performing the short-circuit withstand test with a single-phase test on one pole of a three-pole disconnector or earthing switch operated by a common driving mechanism or shaft, exact details of the test procedure and the measured torque/force at the exit of the driving mechanism during the no-load operation shall be reported in order to evaluate the test result with reference to the capability of the mechanism to operate the three-pole apparatus after a three phase short circuit occur. This test method may require the insertion of a torque/force measurement device in the power kinematic chain for testing. The measured torque/force in the power kinematic chain to open the pole under test of the disconnector or earthing switch tested shall be not more than the value given by the driving mechanism when blocking the exit of the driving mechanism divided by the number of poles of the switching device under test.

After the no-load operation, for earthing switches, sound earth connection and sound insulation shall be verified by the following:

- visual inspection shall be made (if possible). Significant contact erosion or significant contact welding should not be observed. Light welding of contacts is permitted;
- when significant contact erosion is suspected or if visual inspection is not possible without dismantling the contacts, sound earth connection shall be verified by checking the electrical continuity according to 7.4.3 of IEC 62271-1:2017;
- in case of doubt of insulating properties or if visual inspection is not possible without dismantling, 7.2.12 is applicable to verify the dielectric conditions across the isolating gap and to earth.

After the no-load operation(s), for disconnectors:

- to verify the current carrying capacity main circuit resistance measurement shall be made as close as possible to the contacts. The increase of resistance after the test shall not exceed 20 % of the value measured before the test;
- when the contact resistance exceeds this value a test under rated continuous current (7.5) shall demonstrate that the temperature rise in the contacts does not exceed the limits given in Table 14 of IEC 62271-1:2017, by monitoring the temperature at the points as close as possible to the contacts;
- visual inspection shall be made (if possible). In case of doubt of insulating properties or if visual inspection is not possible without dismantling, 7.2.12 is applicable to verify the dielectric conditions across the isolating gap and to earth.

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 tests (EMC)

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

7.10 Additional tests on auxiliary and control circuits

Subclause 7.10 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

7.11 X-ray radiation test for vacuum interrupters

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

7.101 Test to prove the short-circuit making performance of earthing switches

7.101.1 General test conditions

Earthing switches, having a short-circuit making current capability, shall be subjected to two (class E1) or five (class E2) making operations respectively, in a making test series in accordance with the procedures of 7.101.7.

The following test methods are applicable for combined function earthing switches that have short-circuit making capability in the other function:

- the short-circuit making tests shall first be performed on the other functions, in accordance with the relevant standards, followed by the short-circuit making tests on the earthing function, without intermediate maintenance;
- alternatively, the short-circuit making tests on the combined function earthing switch may be performed on a new combined function earthing switch preceded by at least one short-circuit making test on the other function followed by the short-circuit making tests on the earthing function without intermediate maintenance. This test method verifies only the short-circuit making capability of the earthing switch.

7.101.2 Arrangement of the earthing switch for tests

The earthing switch shall be tested under the representative conditions of installation and use, concerning the connections, support, enclosure and dimensions, in accordance with 7.6.2.

Its operating device shall be operated in the manner prescribed and in particular, if it is electrically, hydraulically or pneumatically operated, it shall be operated at the minimum supply voltage or pressure.

For gas-filled earthing switches, the tests shall be performed at the minimum functional pressure for insulation and/or switching.

For convenience of testing:

- the supply voltage to the coil for the closing operation may be increased to obtain a consistent closing time, provided it does not increase the closing speed of the contacts;
- in order to obtain accurate closing times an electrically or pneumatically released latch may be introduced at the toggle point.

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

NOTE For testing purposes, it can be necessary to measure the travel characteristics, for example by using a travel recorder.

7.101.3 Test frequency

Earthing switches shall be tested at rated frequency, with a tolerance of $\pm 10\%$.

However, tests with a peak factor of 2,6 or above, at a supply frequency of 50 Hz or 60 Hz cover the requirements of both frequencies.

7.101.4 Test voltage

The test voltage shall be as follows:

- a) for three-phase tests, the average value of the applied voltage phase-to-phase shall not be less than the rated voltage U_r and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer. The differences between the average value and the applied voltages of each pole shall not exceed 5 %;

- b) for single-phase tests, the applied voltage shall not be less than the phase-to-earth value $U_r/\sqrt{3}$, and shall not exceed this value by more than 10 % without the consent of the manufacturer, with the exceptions given below:

for single-phase tests on three-pole operated earthing switches which have a spread between the first and second contact touch during closing exceeding half a cycle of the rated frequency, the applied voltage phase-to-earth shall not be less than U_r .

7.101.5 Test short-circuit making current

The short-circuit current during making test shall be expressed in terms of the peak current and the symmetrical RMS 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 prospective peak current shall be equal to the rated short-circuit making current (I_{ma}) with the tolerance of 0 % and +5 %.

The duration of the short-circuit current shall be at least 0,2 s.

The earthing switch shall be tested under the two extreme cases specified as follows:

- a) making at the peak of the voltage wave, (with a tolerance of -30° electrical degrees to $+15^\circ$ electrical degrees) leading to a symmetrical short-circuit current and the longest pre-arcing time. For convenience of testing, alternative test methods may be followed. The alternative test methods are given in Annex D;
- b) making at the zero of the voltage wave, without pre-arcing, leading to a fully asymmetrical short-circuit current. For convenience of testing, the test may be carried out at reduced applied voltage to obtain the rated short-circuit making current (I_{ma}). It may happen that the making operation does not occur exactly at the zero of the voltage wave. However, the extreme case b) is considered met if the rated short-circuit making current has been obtained.

7.101.6 Test circuits

Making tests shall be performed using the three-phase test circuit or the single-phase test circuit.

Three-phase tests cover:

- the interaction between the different phases;
- the stresses on the operating mechanism (in the case of a common operating mechanism).

Three-pole earthing switches shall be tested in a three-phase circuit in order to cover applications in both effectively and non-effectively earthed neutral systems. For testing purposes, the severity of making tests in circuits with unearthed neutral or solidly earthed neutral are considered to be equivalent. However, single-phase testing of earthing switches of $U_r > 52$ kV is allowed in the following cases:

- a) multi-enclosure type or open-air type earthing switches with separately stored closing energy for each pole;
- b) earthing switches operated pole-after-pole.

7.101.7 Test procedures

For class E1, the tests shall be performed with a sequence of two C operations with one single no-load O in between, i.e. C – O (no-load) – C, unless the test laboratory needs more no-load operations between the closing operations.

For class E2 earthing switches, the test sequence is $2C - x - 2C - y - 1C$, where x and y represent arbitrary number of no-load operations. The 2C operations consists of

C – O (no-load) – C, unless the test laboratory needs more no-load operations between the closing operations. There is no requirement on the time interval between the two closing operations.

No maintenance is allowed during a test sequence.

For combined function earthing switches, the arbitrary number of no-load operations represented by x and y in the test sequence for class E2 may be replaced by switching operations.

Due to non-simultaneity of poles or different instants of initiation of pre-arcs in the different poles, a peak making current, which is higher than the rated value, may occur in one pole. This is particularly the case if, in one pole, the current begins to flow a few milliseconds later than in the other two poles. If the earthing switch fails during such an event, this is considered to be a failure of the earthing switch.

The requirements with regard to the instant of making as specified in Table 15 shall be achieved during the tests.

Table 15 – Requirements on the instant of making

Class E1	Class E2
2 tests	5 tests
At least 1 test fulfilling the requirements of 7.101.5 a)	At least 2 tests fulfilling the requirements of 7.101.5 a)
At least 1 test fulfilling the requirements of 7.101.5 b)	At least 2 tests fulfilling the requirements of 7.101.5 b)
NOTE Normally the speed of closing of the contacts of the earthing switches with short-circuit making capability is high enough that both maximum pre-arcing and maximum peak current can be reached within a same test, however at different phases.	

7.101.8 Behaviour of earthing switches when making short-circuit currents

The following applies during the making tests:

- enclosed earthing switches having a rated short-circuit making current shall, when making the short-circuit, not project flames, liquids, gases nor particles outside the enclosure;
- from open type earthing switches, flame or metallic particles shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer in the operating instructions.

7.101.9 Condition of earthing switch after short-circuit making tests

After performing the specified operations, mechanical parts, parts related to the electrical field control (for example field electrodes of a GIS earthing switch) and insulators of the earthing switch shall be practically in the same condition as before. The insulating properties shall not be degraded. The short-circuit making performance and short-time current withstand performance may be impaired.

NOTE The useful life of the earthing switch with regard to short-circuit making and short-time current withstand capability is normally considered to be at the end, after the specified number of making operations necessitating maintenance or replacement.

To verify this requirement, the earthing switch shall meet the following inspection conditions:

- mechanical conditions: After each operation only light welding of contacts is permitted. However, the earthing switch shall be able to open and close under the conditions given in 6.5 and 6.6, with the rated values for power operated devices or with 120 % of the values given for manually operated devices in 6.105 using the normal operating handle;

- b) electrical continuity: Visual inspection after the no-load operation is usually sufficient for checking the electrical continuity of the earthing switch. In case of doubt the electrical continuity shall be measured according to 7.4.3 of IEC 62271-1:2017;
- c) dielectric requirements: Visual inspection is usually sufficient for checking the above requirement. In case of doubt, a voltage test as a condition check according to 7.2.12 is to be performed. As an alternative, 6.2.11 of IEC 62271-100:2008 + AMD1:2012 + AMD2:2017 may be used for $U_r > 72,5$ kV. The minimum functional pressure of the gas for insulation shall be used, if applicable. For earthing switches that are sealed for life, the voltage test as a condition check is mandatory.

7.101.10 Invalid tests

In the case of an invalid test, it may become necessary to perform a greater number of short-circuit making tests than required by this document. An invalid test is one where one or more test parameters demanded by the document are not met. This includes, for example, current, voltage and time factors as well as point-on-wave requirements (if specified) and the additional features in synthetic testing.

The deviation from the document could make the test less or more severe. Four different cases are considered in Table 16.

Table 16 – Invalid tests

Test conditions related to standard	Earthing switch passed	Earthing switch failed
More severe	Test valid, result accepted	Test to be repeated with correct parameters Modification of the design of the earthing switch not required
Less severe	Test to be repeated with correct parameters Modification of the design of the earthing switch not required	Modification of the design of the earthing switch required, aiming for improvement of the making capability All tests to be repeated on the modified earthing switch
NOTE "More severe" is considered to be a test performed with voltage and/or current above the tolerances and additionally for the alternative test methods a test with longer prearcing time.		

In the case of less severe test conditions, the invalid part of the test-duty may be repeated without reconditioning of the earthing switch. In those cases, the test report shall include reference to the invalid test. However, in the case of a failure of the earthing switch during such additional tests, or at the discretion of the manufacturer, the earthing switch may be reconditioned and the complete test-duty repeated. If any record of an individual operation cannot be produced for technical reasons, individual operations are not considered invalid, provided that evidence can be given in another manner that the earthing switch did not fail and the required testing values were fulfilled.

In the case of three-phase direct testing (single power source), even if the requirements in 7.101.5 a) and/or 7.101.5 b) are still not met during the repetition of the complete test duty, the earthing switch is considered to have passed the test if the requirements specified in 7.101.8 and 7.101.9 are fulfilled.

7.101.11 Type test reports

The results of the type test shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with the rated short-circuit making current performance requirements. Sufficient information should be included so that the essential parts of the earthing switch tested can be identified. Refer to 7.1.2 of IEC 62271-1:2017.

The test report shall contain the information about the test arrangements, test circuits and test procedures.

General information concerning the supporting structure of the earthing switch should be included. Information regarding the operating devices employed during the tests should, where applicable, be recorded.

Typical oscillographic or similar records shall be provided so that the following can be determined:

- the making current expressed as a peak value and the RMS value at 0,2 s;
- the applied voltages;
- instantaneous value of voltages at the moment of the making;
- pre-arcing time.

7.102 Operating and mechanical endurance tests

7.102.1 General test conditions

The test shall be made at the ambient air temperature of the test location. During the test, the ambient temperatures shall be recorded and maximum and minimum values included in the test report.

The supply voltage shall be measured at the terminals of the operating devices with full current flowing. Auxiliary equipment forming part of the operating device shall be included.

For three-phase disconnectors and earthing switches operated by one mechanism, where the application of terminal load is required, it shall be applied to all terminals simultaneously.

7.102.2 Contact zone test

This test shall be made in order to prove satisfactory operation of divided support disconnectors or divided support earthing switches, in the various positions of the fixed contact within the limits of the rated contact zone defined according to 5.103 and Figures 6 and/or 7. With the device in the open position, the fixed contact shall be placed in the following positions:

- a) at a height of h on the vertical axis of the assembly;
- b) at a height of $h - z_r$ on the same axis;
- c) at a height equal to h and displaced from the vertical axis horizontally by $+y_r/2$;
- d) at a height equal to h and displaced from the vertical axis horizontally by $-y_r/2$;
- e) positions a) to d) at a distance equal to $+x_r/2$;
- f) positions a) to d) at a distance equal to $-x_r/2$,

where

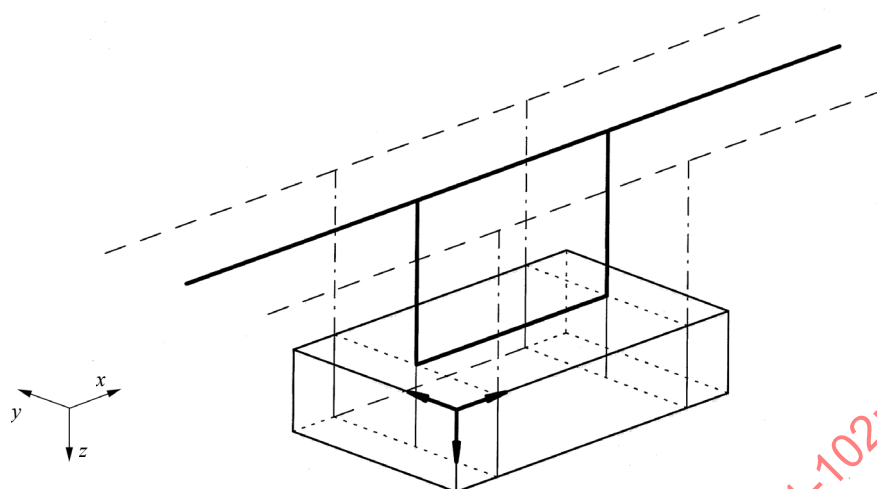
h is the highest position (stated by the manufacturer) of the fixed contact above the mounting plane;

x_r is the total amplitude of movement of the fixed contact in the x -direction;

y_r is the total amplitude of movement of the fixed contact in the y -direction;

the subscript, r , indicates the rated value assigned to the disconnector or earthing switch by the manufacturer.

In each position, the device shall close and open correctly.

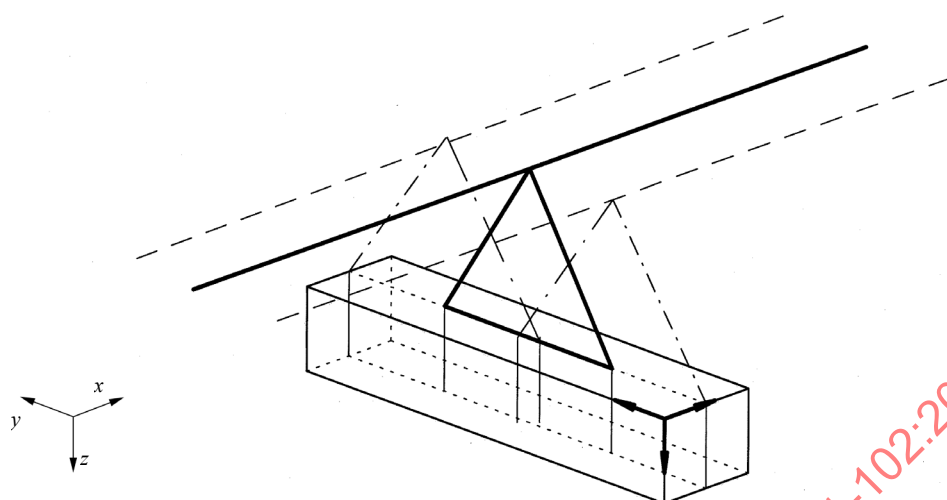
**Key**

- x Longitudinal to support (influence of temperature)
- y Perpendicular to support (influence of wind)
- z Vertical deflection (temperature and ice)

Figure 6 – Fixed contact parallel to support

IEC

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018



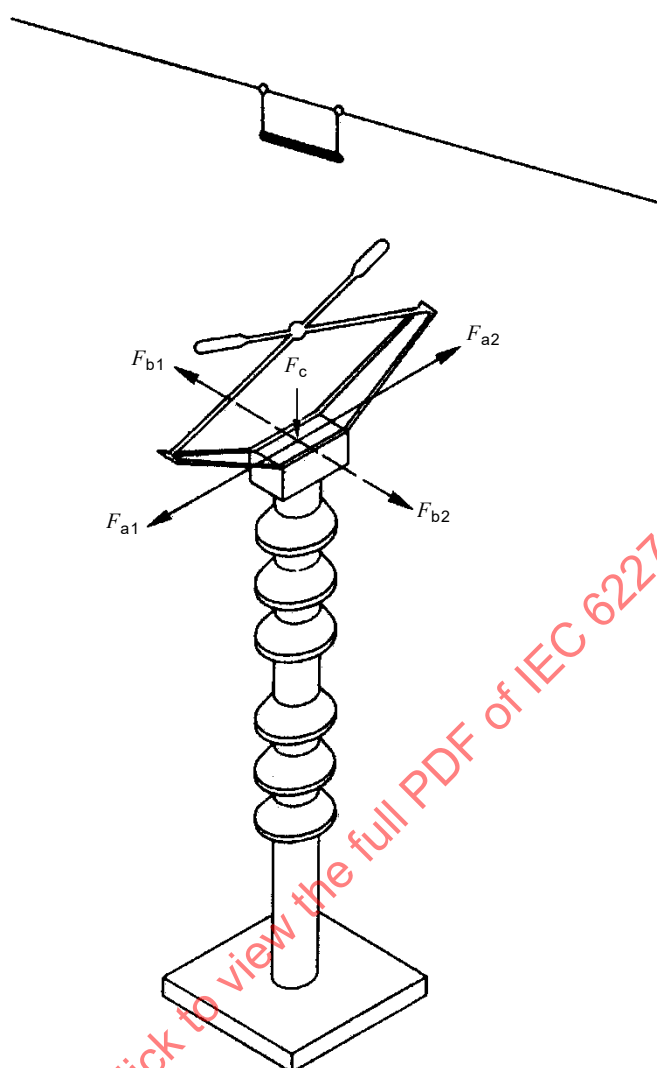
Key

- x Longitudinal to support (influence of temperature)
- y Perpendicular to support (influence of wind)
- z Vertical deflection (temperature and ice)

Figure 7 – Fixed contact perpendicular to support

IEC

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018



IEC

NOTE Above the pantograph, the fixed contact is shown.

Figure 8 – Example of the application of rated static mechanical terminal loads to a (divided support) pantograph disconnector (or earthing switch)

7.102.3 Mechanical endurance test

7.102.3.1 Test procedure

The tests defined in 7.102.3.1 and in 7.102.3.2 shall be performed on disconnectors and earthing switches of class M0.

The mechanical endurance test shall consist of 1 000 operating cycles. For disconnectors or earthing switches having a rated terminal load, 50 % of the rated static terminal load shall be applied during the test in direction F_{a1} or F_{a2} (Figure 8 and Figure 9), without voltage on, or current through, the main circuit. For disconnectors having two or three insulators and a normally horizontal isolating gap, the 50 % rated static terminal load shall be applied at both sides of the disconnector, but in opposite directions. For disconnectors and earthing switches with one insulator (operating insulators not being taken into consideration), the terminal load shall be applied to only one side of the disconnector or earthing switch. After applying 50 % of the rated static terminal load, the disconnector or earthing switch may be adjusted before performing the tests.

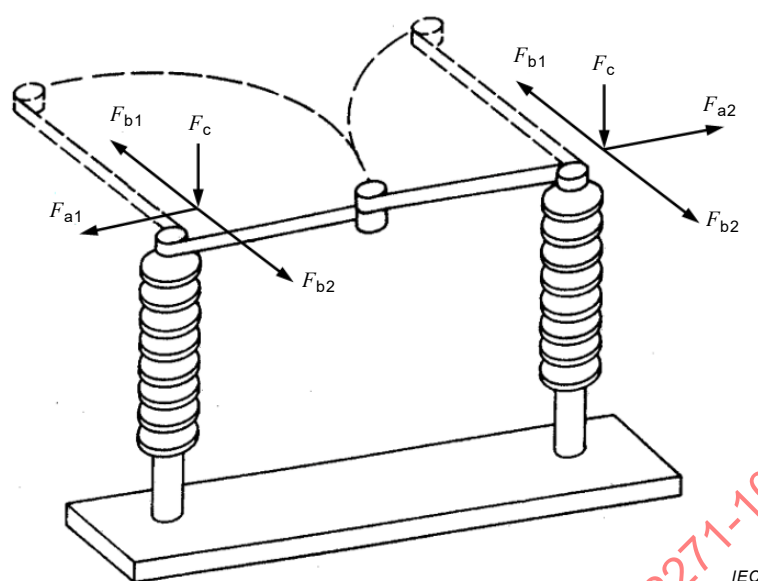


Figure 9 – Example of the application of rated static mechanical terminal loads to a two-column disconnecter

The closed and open positions shall be attained during each operating cycle.

During the test, the operation of the control and auxiliary contacts and position-signalling devices (if any) shall meet the requirements expressed in 6.104 and 6.4 of IEC 62271-1:2017. The test is considered failed if any of the control and auxiliary contacts and position-signalling devices do not operate at one of the close-open operating cycles.

The test shall be made on disconnectors and earthing switches equipped with their own operating mechanisms. During the test, lubrication in accordance with the manufacturer's instructions is permitted, but no mechanical adjustment or other maintenance is allowed.

On a disconnector or earthing switch having a power-operated mechanism:

- 900 close-open operating cycles shall be made at the rated supply voltage and/or rated pressure of compressed gas supply;
- 50 close-open operating cycles at the specified minimum supply voltage and/or minimum pressure of compressed gas supply;
- 50 close-open operating cycles at the specified maximum supply voltage and/or maximum pressure of compressed gas supply.

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 energised electrical control components do not exceed the specified values. For the same purpose, external cooling may be applied during the test.

For manually operated disconnectors and earthing switches, the handle may, for convenience of testing, be replaced by an external power-operated device. In this case, it is not necessary to vary the power parameters.

7.102.3.2 Verification of successful operation

For the evaluation of the operating characteristics, before and after the mechanical endurance test programme, the following operations shall be performed without the static terminal load applied:

- 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 switching device can be operated manually.

During these operating cycles, the operating characteristics, such as, if applicable, operating times, power consumption, maximum forces for manual operation, shall be recorded. 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.

The variation between the average values of each parameter, measured before and after the mechanical endurance test, shall be within the tolerances specified by the manufacturer.

After the test, all parts, including contacts, shall be visually inspected to check their good condition and they shall not show undue wear; see also 7.5.6.2, point 6, of IEC 62271-1:2017. The main circuit resistance, i.e. on disconnectors, shall be measured before and after the mechanical endurance test, as close as possible to the contacts. The resistance shall not increase by more than 20 % from the value measured before the test. If this limit is exceeded, a test under rated continuous current (7.5) shall demonstrate that the temperature rise in the contacts does not exceed the limits given in Table 14 of IEC 62271-1:2017, by monitoring the temperature at the points as close as possible to the contacts.

For earthing switches where contacts are visible, the fully closed and open positions during operation after the mechanical endurance test shall be verified by visual inspection.

For earthing switches where contacts are not visible, the fully closed and open positions during operation after the mechanical endurance test shall be verified by using the travel records or other appropriate methods.

For gas-insulated disconnectors and earthing switches, a tightness test according to 7.8 shall be performed before and after the mechanical endurance test.

For resistor-fitted disconnectors in metal-enclosed gas-insulated switchgear, the maximum variation of the ohmic resistance of the complete resistor after the test shall not exceed 5 % from the value measured before the test.

7.102.4 Operation during the application of rated static mechanical terminal loads

Twenty operating cycles with the rated power supply shall be made with the rated mechanical static terminal loads applied at each terminal in the directions specified by the manufacturer. When more than one load configuration is specified by the manufacturer, the 20 operating cycles shall be repeated for each configuration. The three components of each terminal load may be applied by a conductor pulling in the resultant direction and with the resultant force of the three vectors.

NOTE Any possible combination of the resultant forces applied at the terminals corresponds to one load configuration.

Examples of terminal loads applied at different types of disconnectors are shown in Figure 8 and Figure 9.

One example of possible configurations for a two columns disconnector is given here below:

- longitudinal (straight) load applied in direction F_{a1} at one terminal and F_{a2} at the opposite terminal;
- transversal (cross) load applied in direction F_{b1} or F_{b2} , at both terminals in the same direction;

- vertical load applied in direction F_c at both terminals (except for disconnectors specified to be connected to flexible conductors).

For only manually operated disconnectors and earthing switches the number of operating cycles is reduced to 10.

The loads shall be applied on both terminals at the same time.

The disconnector or earthing switch may be adjusted before the test and after having been loaded with 50 % of the rated longitudinal or perpendicular mechanical terminal force.

During each operation, the disconnector or earthing switch shall close and open correctly.

For verification, before and after the complete sequence of operating cycles, 7.102.3.2 and the appropriate comparators as required in 7.102.3.1 for mechanical endurance tests, are applicable (i.e. without static mechanical terminal loads applied).

7.102.5 Extended mechanical endurance tests

The tests defined in this subclause shall be performed on disconnectors class M1 and M2 and on earthing switches class M1.

In the case of disconnectors and earthing switches in GIS, the enclosure shall not be opened during the test.

Tests shall be carried out as follows:

- a) The extended mechanical endurance tests programme shall consist of a number of close-open operations carried out in accordance with 7.102.1 and 7.102.3.1.

According to the class assigned, one of the following number of operating cycles shall be performed:

- 2 000 (for class M1);
- 10 000 (for class M2).

After the first series of 1 000 operating cycles, some maintenance such as lubrication and mechanical adjustment is allowed and shall be performed in accordance with the manufacturer's instructions, and its reference included in the test report. Change of parts in the main circuit and in the kinematic chain is not permitted.

After each next series of 1 000 operating cycles, or at maintenance intervals (if of less than 1 000 operating cycles), the operating characteristics shall be recorded and evaluated (if power operated) at the rated pressure or voltage.

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

- b) Before and after the total test programme, verification of successful operation shall be performed as required in 7.102.3.2.
- c) In addition, after the total test programme, checks and tests shall be performed as follows:
 - contact zone test (7.102.2), if applicable;
 - verification of operation during application of rated static mechanical terminal loads (7.102.4), if applicable;
 - verification of satisfactory operation with the minimum duration of the operating signal specified in the manufacturer's documentation;
 - verification of operation of the mechanical strain-limiting devices, if any.

7.102.6 Testing of mechanical interlocking devices.

Disconnectors and earthing switches which are not covered by switchgear and controlgear assembly standards (e.g. IEC 62271-200, IEC 62271-201 and IEC 62271-203) shall be tested as follows, if mechanical interlocking devices are provided blocking the operating shaft or power kinematic chain.

All interlocking devices shall be submitted to 5 attempts to perform close and/or open operation for any interlocked position of disconnector and/or earthing switch, in order to prove compliance with requirements in 6.12.

Before each attempt, the interlocking devices shall be set in the position intended to prevent the operation of the switching device and then one attempt shall be made to operate the interlocked switching device. Operating forces given in 6.12 shall be employed and no adjustment shall be made to the switching devices or interlocking devices.

The tests are considered satisfactory if the interlocked switching devices and the interlocking devices are in proper working order and if the forces required to operate the switching devices are practically the same before and after the tests.

The operating forces are considered the same if the average value measured after the test is within the maximum and minimum values measured before the test. At least three close/open operations should be performed before the test to fix the minimum and maximum values for acceptance of the close or open operation after the test.

7.103 Operation under severe ice conditions

7.103.1 General

The tests defined in this subclause shall be made only if the manufacturer claims the suitability of disconnectors and earthing switches for operation under severe ice conditions (i. e. 10 mm ice coating and above).

Disconnectors and earthing switches having accessories to accommodate a bus-transfer current switching capability (disconnectors only) and a switching capability of induced currents (earthing switches only) shall be tested with these devices mounted.

NOTE Formation of ice may produce difficulties in the operation of electric power systems. Under certain atmospheric conditions, a deposit of ice can build up to a thickness that sometimes makes the operation of outdoor switching equipment difficult.

7.103.2 Test arrangement

- a) All parts of the disconnector or earthing switch to be tested shall be assembled, together with their operating mechanism, in a room which can be cooled to a temperature according to the requirements given in 7.103.3. The energizing of heating elements of the control mechanism is permitted during the test. Supports, operating insulators and other operating members may be shortened to reduce the height of the assembly to suit the test facilities available, provided the angle of rotation of the parts affected and the bending of thrust linkages remain unchanged.

In choosing the refrigeration capacity required, the heat content of the water with which the apparatus under test is sprayed should be taken into account.

- b) A single-pole of a three-pole apparatus may be tested if each pole has a separate operating mechanism. In the case of a three-pole apparatus up to and including 52 kV having one common operating mechanism for the three poles, the complete three-pole device shall be tested. In the case of voltages above 52 kV and if the testing laboratory cannot accommodate complete standard three-pole apparatus, modifications of mounting structures, post insulators or spacing, wherever possible, in order to enable the three-pole

test to be made are permitted. If the tests are not possible even in this configuration, tests with a single-pole apparatus operated by the common mechanism are permitted. In this last case, exact details of the test procedure and the measured torque shall be reported in order to evaluate the test result with reference to the capability of the mechanism to operate the three-pole apparatus. In all cases, it is not allowed to change the original isolating distance for the disconnector or the gap for the earthing switch.

- c) The disconnector or earthing switch shall be tested for operation from the open position and the closed position separately.
- d) Prior to the test, any trace of oil or grease on parts that do not need to be lubricated in service shall be removed with an appropriate solvent. This is because thin films of oil or grease prevent ice from adhering and greatly change the results of tests.
- e) For measurement of ice thickness, a copper bar or tube 30 mm in diameter and 1 m in length shall be mounted in a horizontal position in a place where it will receive the same general rainfall as the apparatus under test.
- f) The arrangement shall allow the entire apparatus to be sprayed with artificial rain falling from above at various angles, from the vertical to 45°. The water used in the spray should be cooled to a temperature between 0 °C and 3 °C and shall reach the test object in the liquid state.

7.103.3 Test procedure

7.103.3.1 Checks before the formation of ice coating

Before testing, the disconnector/earthing switch shall be subjected to:

- 5 close-open operating cycles at the rated supply and/or pressure (if any);
- 5 close-open manual operations if the switching device can only be operated manually;
- the measurement of the resistance of the main circuit in accordance with 7.4.4.

During the operating cycles, operating characteristics such as, if applicable, operating times, power consumption, maximum forces for manual operations, shall be recorded. Satisfactory operation of control and auxiliary contacts, and position-indicating device (if any) shall be verified. It is not necessary to include all the oscillograms recorded in the type test report.

7.103.3.2 Formation of ice coating

Nature produces ice coatings which may be divided into two general categories:

- a) clear ice, generally resulting from rain falling through air somewhat below the freezing point of water;
- b) rime ice, characterized by a white appearance, formed for example from atmospheric moisture condensing on cold surfaces.

For type tests a coating of solid clear ice of the required thickness shall be produced according to the procedure described below.

- a) Lower the room temperature down to 2 °C and start the spray of pre-cooled water. Continue this spray for a minimum of 1 h while holding the room temperature between 0,5 °C and 3 °C.
- b) Lower the room temperature down to the range between –7 °C and –3 °C while continuing the water spray. The rate of temperature change is not critical and may be whatever is obtainable with available refrigeration apparatus.
- c) Hold the room temperature within –7 °C and –3 °C and continue to spray until the specified thickness of ice can be measured on the top surface of the test bar. The amount of water should be controlled to cause ice to build up at the rate of approximately 6 mm/h.

NOTE 1 If the specific thermal capacities per unit surface area of test bar and apparatus under test differ considerably, even identical spraying conditions may produce very different ice coatings. These differences in thickness may be minimized by short periods of spraying alternating with longer periods of cooling.

NOTE 2 As a guide, it has been observed that between 20 l and 80 l per hour per m² of area sprayed is required to cause ice to be deposited at a rate of approximately 6 mm/h.

- d) Discontinue the spray and maintain the room temperature within $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a period of at least 4^{+2}_0 h. This ensures that all parts of the disconnector/earthing switch and the ice coating have reached a constant temperature.

7.103.3.3 Checks after the formation of ice coating

After the formation of ice coating, the satisfactory operation of the disconnector/earthing switch shall be checked:

- if the disconnector or earthing switch is manually operated, the operation will be considered as satisfactorily completed if the apparatus has been operated to its final closed or open position applying normal operating forces (being permissible to remove the ice from the insertion point of the handle);
- if the disconnector or earthing switch is electrically, pneumatically or hydraulically operated, the operation will be considered as satisfactorily completed if the apparatus has been operated on the first attempt up to its final closed or open position by the operating device supplied at its rated voltage or pressure.

Immediately after the closing operation, the electrical continuity across the contacts shall be checked.

When the disconnector/earthing switch is ice-free, it shall be subjected to the same checks of 7.103.3.1, with the room temperature restored to normal ambient temperature (above $10\text{ }^{\circ}\text{C}$). The apparatus shall be considered to have passed the test if its mechanical and electrical performance is not affected; this condition shall be considered as met if:

- the resistance measured before the formation of ice coating has not increased by more than 20 %;
- the variation between the average values of each parameter, measured before the formation of ice coating, is within the tolerances given by the manufacturer.

The complete ice coating procedure and subsequent checks shall be performed for each position (i.e. closed/open) on each disconnector and/or earthing switch. Ice coating shall be naturally removed between tests, for example by leaving the apparatus enough time at adequate room temperature.

7.104 Low- and high-temperature tests

7.104.1 General

If the temperature limits for the service conditions of the apparatus (defined by the manufacturer) are above $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ or below $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, the following procedure shall be applied:

Single poles of three-pole apparatus may be tested individually if each pole has a separate operating mechanism. In the case of three-pole apparatus of $U_r \leq 52\text{ kV}$ having one common operating mechanism for the three poles, the complete three-pole device shall be tested.

In the case of $U_r > 52\text{ kV}$ and if the testing laboratory cannot accommodate complete standard three-pole apparatus, modifications of mounting structures, post insulators or spacing, wherever possible, are permitted to enable tests on all three poles. If the tests are not possible even in this configuration, tests with a single-pole apparatus operated by the common mechanism are permitted. In this last case, exact details of the test procedure and the measured torque shall be reported in order to evaluate the test result with reference to the capability of the mechanism to operate the three-pole apparatus. In all cases, changing the original isolating distance for the disconnector or the gap for the earthing switch is not allowed.

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

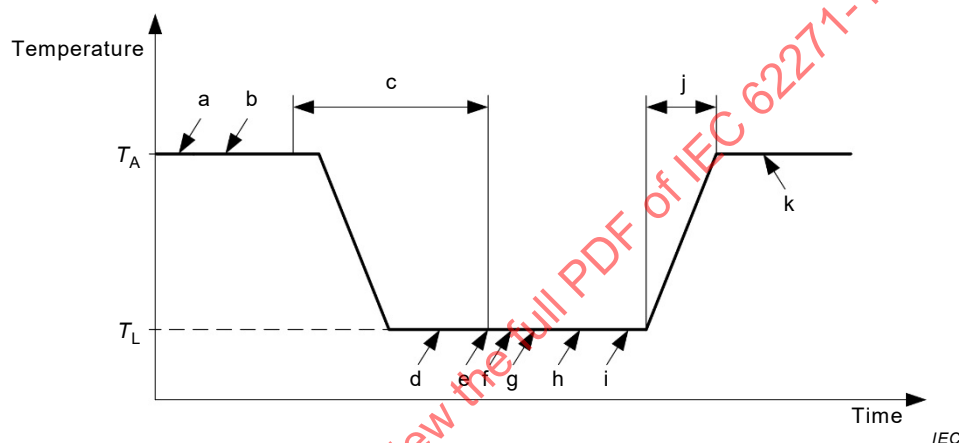
No maintenance, replacement of parts, lubrication or readjustment of the apparatus is permissible during the tests. For insulation pressure systems the tests shall be performed at rated filling pressure for insulation and/or switching. The characteristics recorded shall be within the tolerances specified by the manufacturer.

7.104.2 Measurement of ambient air temperature

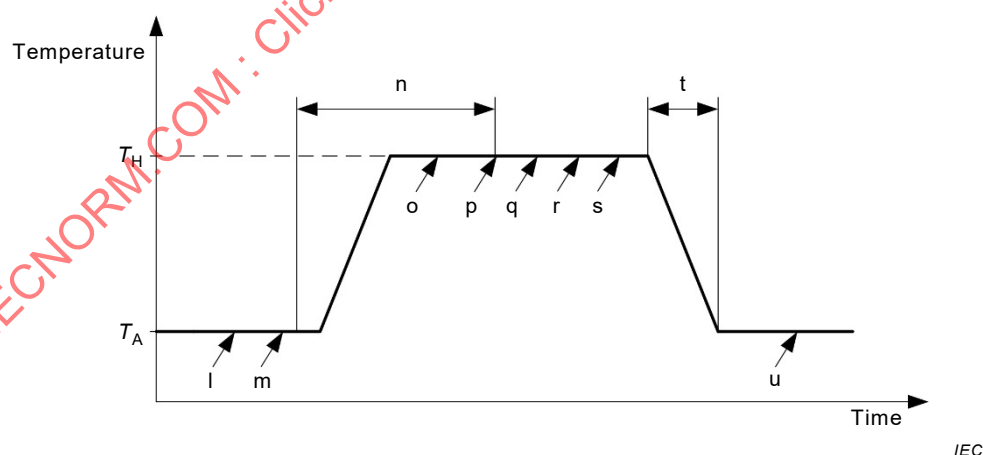
The maximum temperature deviation over the height of the apparatus shall not exceed 5 K, measured at a distance of 1 m from the apparatus.

7.104.3 Low-temperature test

The diagram of the test sequences and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 10 a).



a) Low temperature test



b) High temperature test

NOTE Letters a to u identify application points of tests specified in 7.104.3 and 7.104.4.

Figure 10 – Test sequences for low and high temperature tests

If the low-temperature test is performed immediately after the high-temperature test and using the same sample, the low-temperature test can proceed after completion of item (t) of the high-temperature test. In this case, items (a) and (b) are omitted.

a) The test object shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.

- b) Characteristics and settings of the test object shall be recorded in accordance with 7.102.3.2 and at an ambient air temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test for insulation pressure systems shall be performed according to 7.8.
- c) With the disconnecter in close position and/or the earthing switch in open position, the air temperature shall be decreased to the appropriate, minimum ambient air temperature (T_L), according to the service conditions defined by the manufacturer and in accordance with Clause 2, at a rate of change of approximately 10 K per hour. The disconnecter shall be kept in close position and/or the earthing switch in open position for a minimum of 12 h after the ambient air temperature stabilises at T_L .
- d) During the 12-h period with the disconnecter in the closed position and/or the earthing switch in the open position at temperature T_L , a tightness test shall be performed on insulation pressure systems. An increased leakage rate is acceptable, provided that it returns to the original value when the apparatus 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. This tightness test shall be integral and performed by the accumulation method with appropriate apparatus for measurement of SF_6 concentration at the low temperature of the air in the testing room. For uniform diffusion of the SF_6 leaked inside the control volume, the use of a mixer or fan is highly recommended.
- e) After 12 h at temperature T_L , the disconnecter shall be opened and closed and/or the earthing switch shall be closed and opened three times at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable. The operating characteristics shall be recorded.
- f) The low-temperature behaviour of the apparatus shall be verified, if applicable, 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 operating order, at rated values of supply voltage and operating pressure, shall be given, if applicable. Then the disconnecter shall open and/or the earthing switch shall close. The operating characteristics shall be recorded.
The value of t_x up to which the apparatus is still operable without auxiliary power to the heaters, is stated by the manufacturer (not less than 2 h). In the absence of such a statement, the value is equal to 2 h.
- g) The disconnecter shall be left in open position and/or the earthing switch shall be left in close position for minimum 4 h.
- h) During the 4-h period with the disconnecter in open position and/or the earthing switch in closed position at temperature T_L , a tightness test shall be performed according to 7.8 for insulation pressure systems using a cumulative leakage method as indicated in item (d).
- i) After 4 h at temperature T_L , the disconnecter shall be closed and/or the earthing switch shall be opened three times at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable. The operating characteristics shall be recorded.
- j) After completing the three closing and the three opening operations, the air temperature shall be increased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour.
- k) After the apparatus has stabilised thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the apparatus settings, and the operating characteristics shall be recorded and verified according to 7.102.3.2. A tightness test shall be made as in item b) for comparison with the initial characteristics.

For combined function earthing switches including a disconnecter function, the operation of the disconnecter and the operation of the earthing switch as described in items (e) and (i) shall be spaced by 4 h or by $t_x + 4$ h in case of heating devices are switched off. For insulation pressure systems a tightness test shall be performed at least once when both disconnecter and earthing switch are in the open position.

After the complete low temperature test the pressure shall not be under the minimum functional pressure.

7.104.4 High-temperature test

The diagram of the test sequence and identification of the application points for the tests specified are given in Figure 10 b).

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

- l) The test object shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.
- m) Characteristics and settings of the test object shall be recorded in accordance with 7.102.3.2 and at an ambient air temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). The tightness test for insulation pressure systems shall be performed according to 7.8.
- n) With the disconnecter in closed position and/or the earthing switch in open position, the air temperature shall be increased to the maximum ambient air temperature (T_H), declared by the manufacturer, at a rate of change of approximately 10 K per hour. The disconnecter shall be kept in close position and/or the earthing switch in open position for 12 h after the ambient air temperature stabilises at T_H .
- o) During the 12 h period with the disconnecter in close position and/or the earthing switch in open position at temperature T_H , a tightness test shall be performed for insulation pressure systems.
- p) After 12 h at temperature T_H , the disconnecter shall be opened and/or the earthing switch shall be closed three times at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable. The operating characteristics shall be recorded.
- q) The disconnecter shall be left in open position and/or the earthing switch shall be left in the closed position for 4 h.
- r) During the 4-h period with the disconnecter in the open position and/or the earthing switch in the closed position at temperature T_H , a tightness test shall be performed for insulation pressure systems using a cumulative leakage method as indicated in item (d) of subclause 7.104.3.
- s) After 4 h at temperature T_H , the disconnecter shall be closed and/or the earthing switch shall be opened three times at rated values of supply voltage and operating pressure, if applicable. The operating characteristics shall be recorded.
- t) After completing the three closing and the three opening operations, the air temperature shall be decreased to ambient air temperature T_A at a rate of change of approximately 10 K per hour.
- u) After the apparatus has stabilised thermally at ambient air temperature T_A , a recheck shall be made of the apparatus settings, operating characteristics and tightness as in items (l) and (m) for comparison with the initial characteristics.

For combined function earthing switches including a disconnecter function, the operation of the disconnecter and the operation of the earthing switch as described in items (p) and (s) shall be spaced by 4 h. A tightness test shall be performed at least once when both disconnecter and earthing switch are in the open position.

After the complete high-temperature test the pressure shall not be under the minimum functional pressure.

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

7.105.1 General

These tests apply, when a position indicator according to 6.104.3.2 is used.

The equipment shall pass all the tests defined in 7.105.2, in order to verify both the sufficient strength of the power kinematic chain and the reliability of the position-indicating kinematic chain.

One specimen may be used for each operation mode.

7.105.2 Tests on the power kinematic chain and the position-indicating kinematic chain

The moving contact is locked in closed position for a disconnecter and in open position for an earthing switch.

In the case of a three phase disconnecter or earthing switch operated by a common operating device, only the moving contact of the pole located farthest from the point of transmission of the energy from the power source along the power kinematic chain is locked.

The tests consist of three attempts performed on the switching device with its own complete operating device equipped with a strain limiting device (if any) and/or with a torque (force) controlling system (if any).

- For manual operation (for dependent and for independent), the normal operation handle shall be used to perform the attempts. During the tests, double the normal forces shall be employed, with a minimum of 200 N, but limited to a force of 750 N or to the operation of a strain-limiting device or torque (force) controlling system. This force shall be applied halfway along the length of the gripping part of the operating handle. Where the operating handle or the operating device incorporates a feature which limits the operating torque (force), the switching device shall be operated until the strain-limiting device operates, provided that the operating handle with strain-limiting device is not interchangeable with other handles.
- For power operation (for dependent and for independent), the maximum supply voltage or pressure for operation (if power operated or if release operated) as defined in 5.9 and 5.11.102 shall be applied respectively during the attempts. In the case of the presence of a strain-limiting device or torque (force) controlling system, the switching device shall be operated until the strain-limiting device or torque (force) controlling system operates.

No adjustment or replacement shall be made along the position indicating chain between the attempts. No break on the mechanical kinematic chain shall be produced during the test, except for strain limiting devices designed to break, which will have to be replaced after they break. The test is considered passed if after each attempt the three moving contacts remain in the same position and the position-indicating device indicates correctly the position of the moving contacts.

If the position-indicating device is marked directly on a mechanical part of the power kinematic chain no additional test is required.

The enclosure providing protection to the position-indicating kinematic chain shall be tested for its IP and IK (in accordance with 6.104.3.1). 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.

7.106 Bus-transfer current switching tests on disconnectors

7.106.1 General

These tests shall be performed only on disconnectors with a rated bus-transfer current switching capability.

7.106.2 Making and breaking tests

7.106.2.1 Arrangement of the disconnecter for tests

The disconnecter under test shall be completely mounted on its own support or on an equivalent support. Its operating device shall be used in the manner prescribed and in

particular, if it is power operated either electrically or pneumatically, it shall be operated at the minimum supply voltage or minimum functional pressure for operation, respectively.

Before commencing making and breaking tests, no-load operations shall be made to establish the mechanical operating characteristics of the disconnecter such as speed of travel, closing time and opening time.

For gas-insulated disconnectors, tests shall be performed at the minimum functional pressure for switching.

Disconnectors having an independent manual operation may be operated by remote control, using a power operating means such that operating speeds equivalent to those resulting from manual operation are obtained.

Consideration shall be given to the effects of energization of both terminals of the disconnecter. When the physical arrangement of one side of the disconnecter differs from that of the other side, the supply side of the test circuit shall be connected to the side which represents the most severe condition. In case of doubt, 50 % of the breaking and making tests shall be carried out with the supply side of the test circuit connected to one side of the disconnecter and 50 % with the supply connected to the other side.

Only single-phase tests on one pole of a three-pole disconnecter need to be performed provided that the pole is not in a more favourable condition than the complete three-pole disconnecter with respect to:

- speed of make;
- speed of break;
- influence of adjacent phases.

Single-phase tests are adequate to demonstrate the making and breaking performance of a disconnecter, provided that it can be demonstrated that the arcing time and arc reach are such that there is no possibility of involvement of an adjacent phase. If, on the basis of a single-phase test, it is shown that the arc may reach an adjacent phase, then three-phase tests shall be performed using the specific disconnecter configuration.

7.106.2.2 Earthing of the test circuit and disconnecter

The frame of the disconnecter shall be earthed as well as the test circuit, see 7.106.2.6.

7.106.2.3 Test frequency

Disconnectors shall be tested at rated frequency, however disconnectors rated 50 Hz or 60 Hz may be tested with either of those two frequencies as they are considered to be equivalent for this test. The tolerance on the test frequency shall be within the limits of $\pm 10\%$ in accordance with Table C.1.

7.106.2.4 Test voltage

The test voltage U_{BT} shall be set so as to yield the required rated bus-transfer voltage ($^{+10}_0\%$) and shall be measured during the test across the open disconnecter terminals.

As noted in 7.106.2.1, only single-phase tests are normally required. If three-phase tests are required, then the test voltage of each phase shall not differ from the average test voltage by more than 10 %.

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

7.106.2.5 Test current

The test current shall be equal to the rated bus-transfer current ($+10\%$ to 0%) as defined in 5.108.1.

The current to be interrupted shall be symmetrical. The contacts of the disconnector shall not be separated until transient currents, due to the closing of the circuit, have subsided.

If three-phase tests are performed, the test current is the average of the current in all three phases. The test current in each phase shall not differ from the average test current by more than 10 %.

7.106.2.6 Test circuits

The test circuit as shown in Figure 11 shall have a power factor not exceeding 0,5. Two examples of test circuit are shown in Figure 11.

If three-phase tests are required, the neutral of the supply circuit and the load-side circuit shall be earthed.

Phase-to-earth insulation is not verified during the test when using the circuit given in Figure 11. If insulation performance has to be verified, other test circuits providing the rated phase-to-earth voltage are necessary.

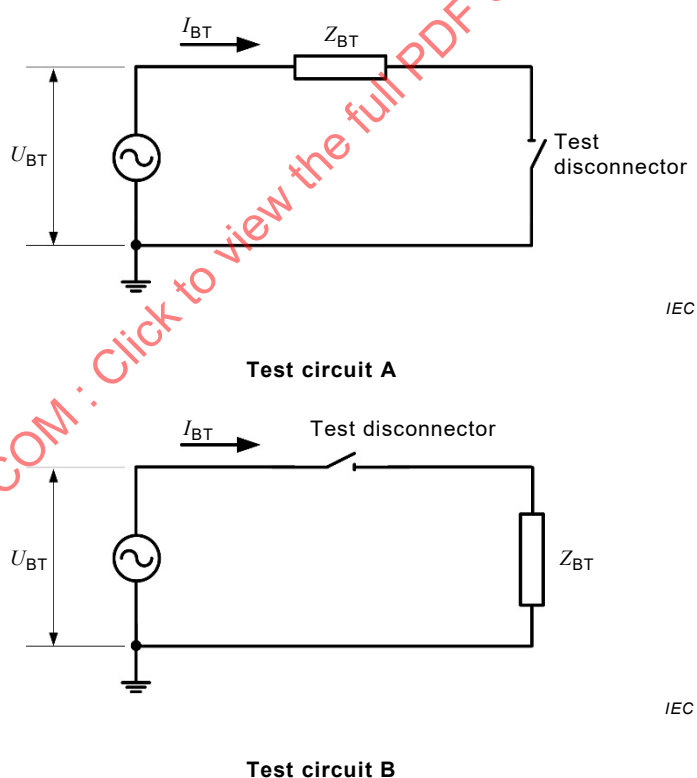


Figure 11 – Example of test circuit for bus-transfer current switching tests

7.106.2.7 Test duty

One hundred make-break operating cycles shall be made.

NOTE These 100 operating cycles are not considered adequate to demonstrate electrical life but they do provide an indication of contact erosion.

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. As well, the time between operations shall be sufficient to cool down the disconnecter if specified by the manufacturer instructions.

The tests shall be performed without reconditioning of the disconnecter during the test duty.

7.106.2.8 Behaviour of the disconnecter during tests

The disconnecter shall perform successfully without undue mechanical or electrical distress.

Outward emission of flame or metallic particles from the disconnecter during operation is permitted, if this does not impair its insulation level. Flame or metallic particles shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer in the operating instructions.

7.106.2.9 Condition of disconnecter after tests

The mechanical operating characteristics shall be within the tolerances given by the manufacturer and the insulation of the disconnecter shall be essentially in the same condition as before the test.

It is recognized that mechanical wear and erosion due to arcing, as well as deposits on the insulators caused by the decomposition of the arc extinguishing medium, will impair the switching capability of the disconnecter. However, the current-carrying capability and the isolating properties of the disconnecter shall not be impaired. The quality of the material used for arc extinguishing, if any, may be impaired and its amount reduced below the normal level.

The isolating properties of a disconnecter in the open position shall not be reduced below what corresponds to normal wear and ageing, by deterioration of insulating parts.

No-load operation and visual inspection of the disconnecter after tests are usually sufficient for verification of the isolating properties and the current-carrying capability of the disconnecter. In case of doubt, it can be necessary to perform the appropriate tests as mentioned below.

- If the isolating properties are doubted, a voltage test as condition check according to 7.2.12 is to be performed to verify the insulating properties. Alternative test methods given in 6.2.11 of IEC 62271-100:2008 + AMD1:2012 + AMD2:2017 may be used for $U_r > 72,5$ kV. The minimum functional pressure of the gas for insulation shall be used, if applicable. For disconnectors that are sealed-for-life, the voltage test as a condition check is mandatory.
- If the current-carrying capacity is doubted, main circuit resistance measurement may be used where ever it is possible to measure the resistance close to the contacts. The increase in main circuit resistance after test shall not exceed 20 %. If the contact resistance exceeds this value, a test under rated continuous current (7.5) shall demonstrate that the temperature rise in the contacts does not exceed the limits given in Table 14 of IEC 62271-1:2017, by monitoring the temperature at the points as close as possible to the main contacts.

For resistor-fitted disconnectors in metal-enclosed gas-insulated switchgear, the maximum variation of the ohmic resistance of the complete resistor after the test shall not exceed 5 % from the value measured before the test. A visual inspection of the resistor shall be made after the type tests. No evidence of flashover across the resistor or any mechanical damage shall be observed. It can be necessary to disassemble the disconnecter for the visual inspection.

7.106.2.10 Type test reports

In addition to the requirements given in 7.1.2 and 7.1.3 of IEC 62271-1:2017 the type test report shall contain the following information:

- a) typical oscillographic or similar records of the tests performed (at least one oscillogram for each 10 operations);
- b) test circuit;
- c) test currents;
- d) test voltages;
- e) power frequency recovery voltages;
- f) prospective transient recovery voltages (TRV);
- g) arcing times;
- h) number of making and breaking operations;
- i) condition of the contacts after test (see 7.106.2.9).

General information concerning the supporting structure of the disconnecter should be included. The operating time of the disconnecter and the type of operating devices employed during the tests shall be recorded.

7.107 Induced current switching tests on earthing switches

7.107.1 General

Type tests for earthing switches having a rated induced current switching capability shall include:

- tests to prove the electromagnetically induced current making and breaking capability;
- tests to prove the electrostatically induced current making and breaking capability.

7.107.2 Arrangement of the earthing switch for tests

The earthing switch under test shall be completely mounted on its own support or on an equivalent support. Its operating device shall be operated in the manner prescribed and, in particular, if it is electrically or pneumatically operated, it shall be operated either at the minimum supply voltage or supply pressure, respectively.

Before commencing making and breaking tests, no-load operations shall be made and details of the operating characteristics of the earthing switch, such as speed of travel, closing time and opening time, shall be recorded (see 7.102.3.2).

For gas-insulated earthing switches, tests shall be performed at the minimum functional gas pressure (density) for switching.

Earthing switches having a manual operating device may be operated by remote control using a power-operating means such that operating speeds equivalent to those resulting from manual operation are obtained.

Only single-phase tests on one pole of a three-pole earthing switch need to be performed provided that it is not in a more favourable condition than the complete three-pole earthing switch with respect to:

- speed of closing;
- speed of opening;
- influence of adjacent poles or proximity of energized phases.

Single-phase tests are adequate to demonstrate the making and breaking performance of an earthing switch provided that it can be demonstrated that the arcing time and arc-reach are such that there is no possibility that involvement of an adjacent energized phase can occur. If, on the basis of a single-phase test, it is determined that the arc may reach an adjacent energized phase, then three-phase tests shall be performed using the specific earthing switch configuration.

7.107.3 Earthing of test circuit and earthing switch

The test circuit shall be earthed through the terminal of the earthing switch which is normally connected to earth.

7.107.4 Test frequency

Earthing switches shall be tested at rated frequency, however earthing switches rated 50 Hz or 60 Hz may be tested with any of those two frequencies as they are considered to be equivalent for this test. The tolerance on the test frequency shall be within the limits of $\pm 10\%$ according Table C.1.

7.107.5 Test voltage

The test voltages shall be set so as to yield the voltage specified in Table 9 before making and after breaking, and shall be measured across the earthing switch terminals during the test.

As noted in 7.107.2, only single-phase tests are normally required. If three-phase tests are required, then the test voltage of each phase shall not be different from the average test voltage by more than 10 %.

The power frequency test voltage shall be maintained for at least 0,3 s after interruption.

7.107.6 Test currents

The test currents shall be equal to the rated induced currents ($^{+10}_0\%$). The current to be interrupted shall be symmetrical. The contacts of the earthing switch shall not be separated until transient currents due to closing of the circuit have subsided.

If three-pole making and breaking tests are performed, the test current shall be measured as the average of the current in all three poles. The test current for each phase shall not be different from the average test current by more than 10 %.

Before contact separation, the waveform of the test current for electrostatically induced current breaking tests should be, as nearly as possible, sinusoidal (see IEC/TR 62271-305). This condition is considered to be met 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 test current shall not go through zero more than once per half cycle of power frequency before contact separation.

7.107.7 Test circuits

7.107.7.1 General

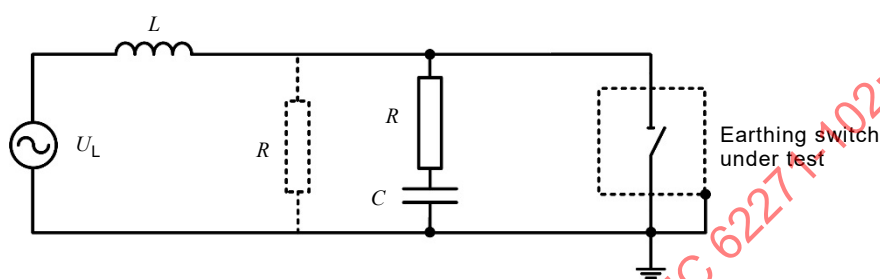
For type tests, the transmission lines may be replaced by elements consisting of capacitors, inductors and resistors.

If three-phase tests are required, the test circuit shall incorporate the same elements in each phase as for the single-phase test circuit in order to yield the appropriate test voltages and currents. The neutral of the supply circuit shall be earthed.

As an alternative, other test circuits than those specified may be used provided they fulfil the requirements for test currents, voltages and the transient recovery voltage parameters.

7.107.7.2 Test circuit for electromagnetically induced current making and breaking tests

The single-phase test circuit (Figure 12) consists of a supply circuit yielding the appropriate test voltage and test current such that the circuit power factor does not exceed 0,15. The components R and C are selected to yield the appropriate transient recovery voltage parameters. The damping resistance R may be connected in series or in parallel with the capacitance C .



IEC

Figure 12 – Test circuit for electromagnetically induced current switching tests

The values of supply voltage (U_L) and inductance (L) can be calculated from the values of voltage and current given in Table 9, so as to produce the proper values of test current and power frequency recovery voltage.

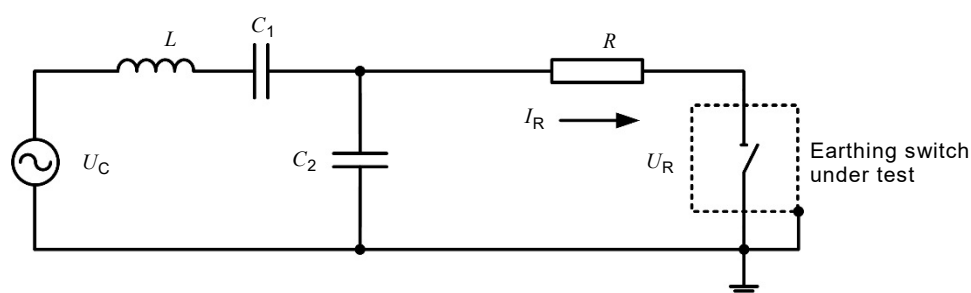
The prospective transient recovery voltage waveforms should have the form of a triangular wave due to the surge impedance of the connected transmission lines. As an alternative, transient recovery voltages having a $(1 - \cos)$ form may be used. Values of R and C may be selected to yield the proper transient recovery voltage parameters specified in Table 17.

Table 17 – Standard values of recovery voltages for electromagnetically induced current breaking tests

Rated voltage U_r kV	Class A			Class B			
	Power frequency recovery voltage	TRV peak	Time to peak	Power frequency recovery voltage	TRV peak	Time to peak	
	($\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %) kV RMS	($\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %) kV	($\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$ %) μ s	($\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %) kV RMS	($\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %) kV	($\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix}$ %) μ s	
72,5	0,5	1,1	100	2	4,5	300	
100							
123							
145	1	2,3	200				
170							
245							1,4
300							
362	2	4,5		325	10	23	
420							
550							
800			20		45	2 000	
1 100	5	11,3	750	65	145	2 400	
1 200							

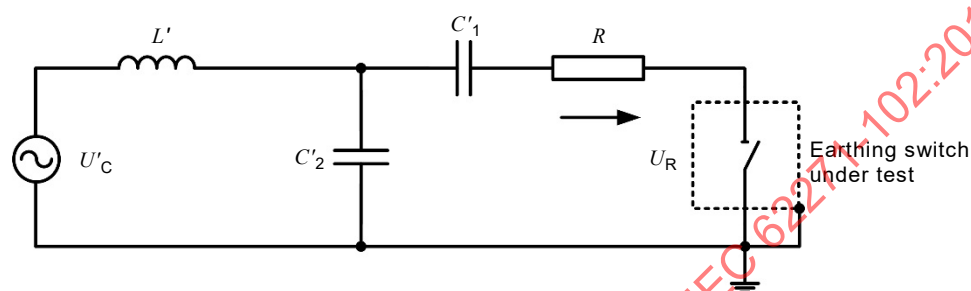
NOTE 1 Recovery voltages are valid for single-phase or three-phase tests.

NOTE 2 The prospective TRV waveform may be of a triangular or (1 – cos) form (see 7.107.7.2). The time to peak is valid for either waveform type.



Test circuit 1

IEC



Test circuit 2

IEC

$$L = Z_0^2 \times C_1$$

$$L' = L \times \left[\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right]^2$$

$$u_c = \frac{i_R}{\omega C_1}$$

$$u'_c = \left[\frac{C_1}{C_1 + C_2} \right] \times u_c \text{ or } u'_c = u_R$$

$$C_2 = C_1 \times \left[\frac{u_c}{u_R} - 1 \right] \quad C'_1 = C_1 + C_2 \quad C'_2 = C_2 \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right)$$

where

Z_0 is the surge impedance of the line:

- 425 Ω for 52 kV < $U_r \leq 170$ kV;
- 380 Ω for 245 kV < $U_r \leq 300$ kV;
- 325 Ω for 362 kV < $U_r \leq 800$ kV;
- 290 Ω for 1 100 kV < $U_r \leq 1 200$ kV.

Key

i_R is the rated induced current from Table 9

u_R is the rated induced voltage from Table 9

C_1 is the test circuit capacitance given in Table 18

Figure 13 – Test circuits for electrostatically induced current-switching tests

7.107.7.3 Test circuits for electrostatically induced current switching tests

Either test circuit 1 or 2 in Figure 13 shall be selected as suitable for the test laboratory, since they are equivalent, as long as the equations within the circuit parameters are satisfied.

The power factor of the test circuit shall not exceed 0,15. The values of supply voltage (U_C), inductance L and capacitance C_2 for test circuit 1 can be calculated from the given values of C_1 in Table 18 and the rated current and voltage values in Table 9, by using the equations noted in Figure 13. This will result in the appropriate values of test current and voltage as well as the proper inrush current frequency and test-circuit surge impedance. Values for test circuit 2 can be calculated from the values derived for test circuit 1.

A resistance (R), not exceeding 10 % of the capacitive impedance [$1 / \omega (C_1 + C_2) = 1 / \omega C_1'$], as seen from the earthing switch, may be inserted in the circuits as shown in Figure 13. The value chosen, however, should not be greater than the surge impedance of the transmission line considered (see Table 18), nor lead to an aperiodic damping of the inrush current when closing the earthing switch.

Table 18 – Test circuit capacitances (C_1 values) for electrostatically induced current switching tests

Rated voltage U_r kV	Test circuit capacitance	
	Class A μF	Class B μF
72,5 – 100 – 123	0,07	0,27
145 – 170	0,13	
245	0,15	
300		0,80
362 – 420	0,29	1,18
550 – 800	0,35	1,47
1 100 – 1 200	0,8	2,63

NOTE Values of C_1 can be calculated from the expression:

$$C_1 = (6D) / (\pi Z_0)$$

where

D is the line length, in km;

Z_0 is the line surge impedance, in Ω .

Surge impedance assumed:

- 72,5 kV $\leq U_r \leq$ 170 kV: 425 Ω ;
- 245 kV $\leq U_r \leq$ 300 kV: 380 Ω ;
- 362 kV $\leq U_r \leq$ 800 kV: 325 Ω .
- 1 100 kV $\leq U_r \leq$ 1 200 kV: 290 Ω .

7.107.7.4 Test duties

Ten make-break operating cycles shall be made for each of the electrostatically and electromagnetically induced current-switching tests.

NOTE Ten operating cycles are not considered adequate to demonstrate electrical life, but will provide an indication of contact erosion.

The opening operation shall follow the closing operation with sufficient time delay between the two operations for any transient currents to subside.

The tests shall be performed without reconditioning of the earthing switch during the test programme.

7.107.7.5 Behaviour of earthing switch during tests

The earthing switch shall perform successfully without undue mechanical or electrical distress.

Outward emission of flame or metallic particles from the earthing switch during operation is permitted, if this does not impair its insulation level. Flame or metallic particles shall not be projected beyond the boundaries specified by the manufacturer in the operating instructions.

7.107.7.6 Condition of earthing switch after tests

The mechanical operating characteristics shall be within the tolerances given by the manufacturer and the insulation of the earthing switch shall be essentially in the same condition as before the test. The earthing switch shall be capable of carrying its rated peak withstand current and its rated short-time withstand current.

Mechanical wear and erosion due to arcing, as well as deposits on the insulators caused by the decomposition of the arc extinguishing medium, are acceptable.

Visual inspection and no-load operation of the earthing switch after tests are usually sufficient for verification of the above requirements. In case of doubt, it may be necessary to perform the appropriate tests as mentioned below.

If the isolating properties are doubted, a voltage test as condition check according to 7.2.12 is to be performed to verify the isolating properties. As an alternative, 6.2.11 of IEC 62271-100:2008 + AMD1:2012 + AMD2:2017 may be used for $U_r > 72,5$ kV. The minimum functional pressure of the gas for insulation shall be used, if applicable. For earthing switches that are sealed for life, the voltage test as a condition check is mandatory.

7.107.7.7 Type test reports

In addition to the requirements given in 7.1.2 and 7.1.3 of IEC 62271-1:2017, the type test report shall contain the following information:

- a) typical oscillographic or similar records;
- b) test circuits;
- c) test currents;
- d) test voltages;
- e) power frequency recovery voltages;
- f) prospective transient recovery voltages;
- g) arcing times;
- h) number of making and breaking operations;
- i) condition of earthing switch after test.

General information concerning the supporting structure of the earthing switch should be included. The operating time of the earthing switch and the type of operating devices employed during the tests shall be recorded.

7.108 Bus-charging current switching tests on disconnectors

7.108.1 General

These tests shall be performed on disconnectors forming part of gas-insulated switchgear classified for bus-charging current switching.

NOTE The limit of 300 kV is derived from SF₆-insulated switchgear experience. The dielectric performance of disconnectors during bus-charging current switching and the performance against VFTO during the switching depends on the insulating gas used. For more information, refer to CIGRE Technical Brochure No. 260, 2004 [7].

7.108.2 Test duties

Three test duties are defined:

- *test duty 1*: switching of a very short section of busbar duct, this test duty shall be performed on disconnectors of $U_r \geq 300$ kV;
- *test duty 2*: switching of parallel capacitors of circuit-breakers under 180° out-of-phase condition; this test duty is not mandatory;
- *test duty 3*: current-switching capability test; this test duty is not mandatory.

NOTE 1 Test duty 2 is a special type test for disconnectors placed close to circuit-breakers that are equipped with parallel capacitors.

NOTE 2 Test duty 3 is a special type test to be carried out according to this specification by agreement between the manufacturer and the user. It serves to demonstrate the current interruption capability of the disconnector when de-energizing long busbars. Typical current values are given in Table 11.

7.108.3 Arrangement of the disconnector for tests

The operating device of the disconnector under test shall be operated in the manner specified by the manufacturer and, in particular, if it is power operated, it shall be operated at the specified minimum supply voltage and/or minimum supply pressure. The time delay between operations shall be sufficient to cool down the disconnector if specified by the manufacturer instructions.

Before commencing the making and breaking tests, no-load operations shall be made and details of the operating characteristics of the disconnector such as closing time and opening time shall be recorded (see 7.102.3.2).

Tests shall be performed at the minimum functional gas pressure (density) for switching of the disconnector under test. Associated compartments shall be at their minimum functional gas pressure (density) as well.

In most cases the design of the disconnector involves asymmetries (for example asymmetrical shields, or moving contact/fixed contact differences, etc.). For these cases, the test arrangement of the disconnector shall be such as to perform the test under the most severe conditions. For test duty 1, the most severe test arrangement is considered to be that which results in maximum pre-striking distance for the closing operation. For test duty 2 and test duty 3, the test arrangement of the disconnector is considered to be of minor importance.

Only single-phase tests on one pole of a three-pole operated disconnector need to be performed, provided that this does not mean a change of operating speed of more than ± 15 %.

For disconnectors having three poles in one enclosure, a three-phase test arrangement is required. One phase is connected to the testing circuit, and the two remaining poles not involved in the switching process shall be grounded at both terminals.

7.108.4 Test frequency

Disconnectors shall be tested at rated frequency, however disconnectors rated 50 Hz or 60 Hz may be tested with any of those two frequencies as they are considered to be equivalent for this test. The tolerance on the test frequency shall be within the limits of ± 10 % in accordance with Table C.1.

7.108.5 Test voltages for making and breaking tests

During making and breaking tests, the power frequency voltage shall be applied and maintained for at least 0,3 s before and after the switching operation. In the case of a DC pre-charge voltage at the load side (test duty 1), the DC voltage shall be applied according to the specified level for about 1 min before the close operation. The load side shall not be grounded between the open and close operations. The test circuit should not contain elements that cause a decay of the trapped charge.

With reference to Figures 14, 16 and 17, the test voltages at source side and load side of the test arrangement shall be applied as given in Table 19.

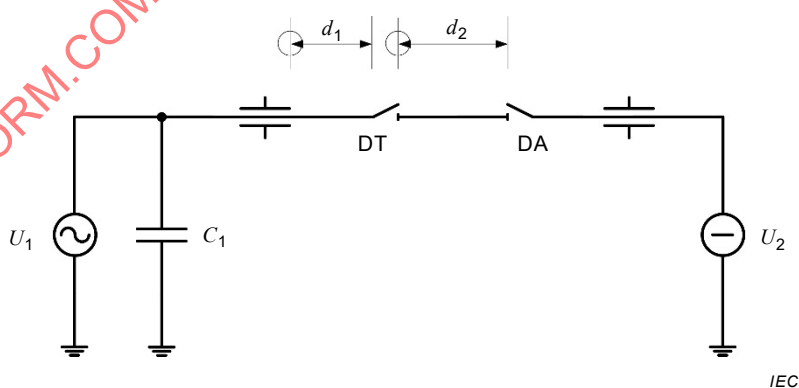
The test voltages in Table 19 are valid for the disconnector in the open position.

NOTE In the case of test duty 3, the test voltage can be considerably higher when the disconnector is in the closed position. This is caused by resonance phenomena, especially if the impedance of the supplying transformer is high, which is normal for transformers used for dielectric AC voltage tests. This voltage will increase severity of the test conditions. It will normally not be more than 10 %.

Table 19 – Test voltages for making and breaking tests

Test duty	Test voltage	
	Source side U_1	Load side U_2
1	$1,1 \times U_r / \sqrt{3}$	Pre-charge with negative DC voltage $-1,1 \times U_r \times \sqrt{2} / \sqrt{3}$
2	$1,1 \times U_r / \sqrt{3}$	AC voltage in phase opposition $1,1 \times U_r / \sqrt{3}$
3	$U_r / \sqrt{3}$	–

NOTE The factor 1,1 has been chosen to take into account statistical effects which are inherent in this kind of switching phenomena, and to restrict the number of test operations to those specified in Table 20. As test duty 3 should only indicate the switching capability of the disconnector, this increase of the test voltage is not necessary.



Key

DT Disconnector under test

DA Auxiliary disconnector

Busbar lengths d_1 and d_2 are understood to be taken as the following distances:

d_1 : open contact of the disconnector under test (DT) to the bushing connection;

d_2 : open contact of the disconnector under test (DT) to the open contact of the auxiliary disconnector (DA).

Figure 14 – Test circuit for test duty 1

7.108.6 Test circuits for making and breaking tests

7.108.6.1 Switching of a very short section of busbar duct, test duty 1

7.108.6.1.1 General

Figure 14 shows the test circuit for test duty 1. The load side shall be represented by a section of busbar, d_2 3 m to 5 m in length. The connection to the supply side shall be realised by another section of busbar, d_1 in length. In order to obtain representative very fast transient (VFT) conditions, the ratio d_2/d_1 , shall be in the range of 0,36 to 0,52. The source-side circuit shall have an added lumped capacitance, C_1 . The value of C_1 shall be chosen so that the peak value of the voltage to earth at the disconnector terminals is met as defined in 7.108.6.1.2.

Before starting a closing operation, the load side shall be charged by DC voltage according to Table 18, and the DC voltage source disconnected by the auxiliary disconnector, DA.

7.108.6.1.2 Transient voltage values

The voltage transients at the disconnector location during a close operation are used to characterize the behaviour of the test circuit and to ensure consistent overvoltage characteristics under test conditions. Two distinct aspects of transient voltages are of importance: these are the very fast transient (VFT) phenomena and the fast transient (FT) phenomena. The VFT phenomena are determined by the circuit arrangement as described in 7.108.6.1.1. The circuit response for the fast transient phenomena shall be verified at least once for the test arrangement by direct measurement (see 7.108.11) under the following conditions:

- source-side test voltage: $U_r/\sqrt{3}$;
- load-side voltage: 0 (no pre-charge).

For these conditions, the maximum peak value of the transient voltage to earth U_{TVE} at the first prestrike during a close operation shall be not less than $1,4 \times U_r \sqrt{2}/\sqrt{3}$ (for practical purposes a variation of 5 % is considered acceptable) and the time to maximum peak shall be less than 500 ns, (Figure 15).

For resistor-fitted disconnectors in metal-enclosed gas-insulated switchgear the resistor shall be short-circuited or replaced by a solid conductor before the tests in order to verify the test circuit conditions described above.

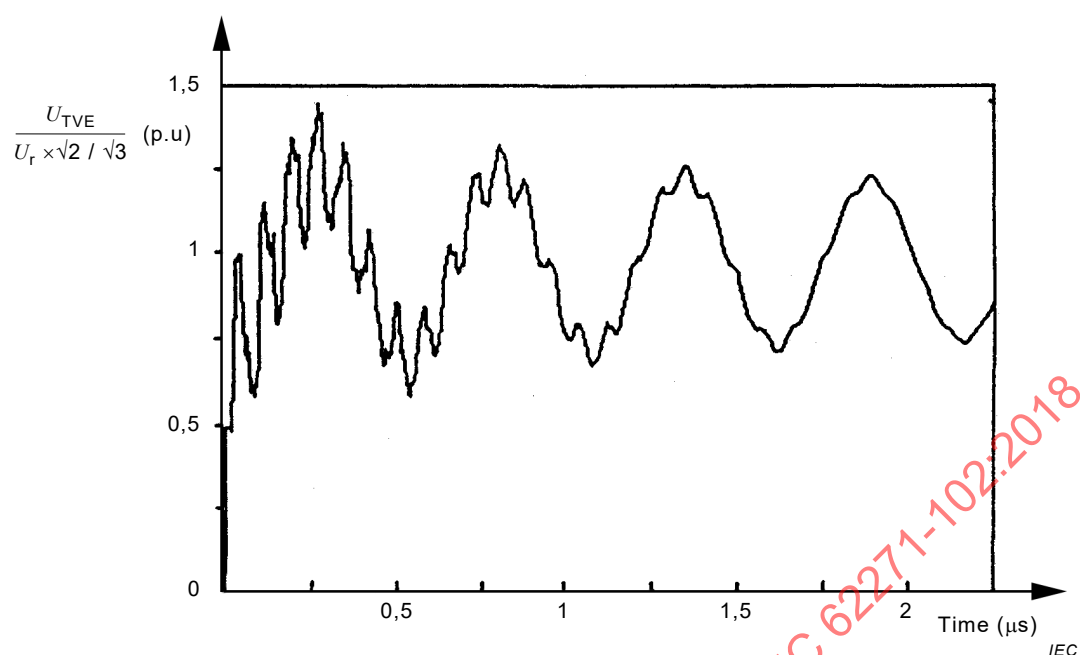


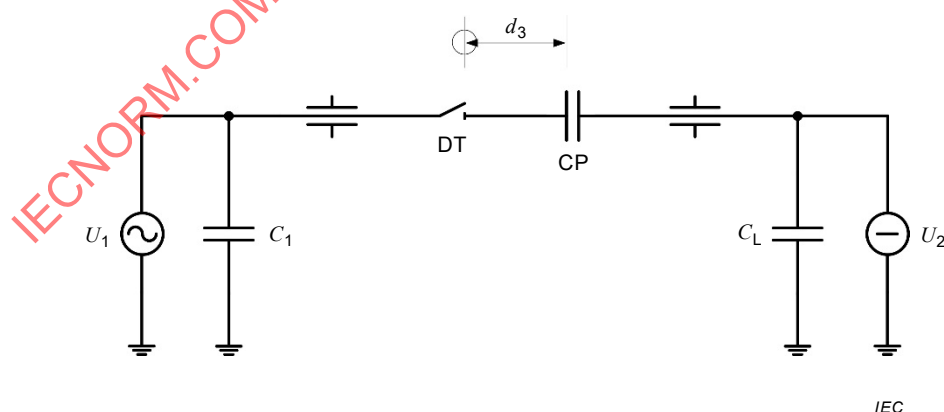
Figure 15 – Typical voltage waveform (Including VFT and FT components)

7.108.6.2 Out-of-phase switching, test duty 2

Figure 16 shows the test circuit for out-of-phase switching. The parallel capacitor CP of a circuit-breaker may be represented by the actual circuit-breaker with its own capacitor or by an adequate capacitance of equal or higher value than the capacitance used in service.

The shortest possible distance d_3 between capacitor CP and disconnector shall be established. The lengths of the other test circuit parts are not specified, but they should be as short as possible in order to minimize their influence on the capacitance of the test circuit.

The lumped capacitance C_L (Figure 16) shall be of a value not less than 400 pF. The ratio C_1/C_L shall be in the range of 4 to 6.



Key

DT Disconnector under test

CP Circuit-breaker parallel capacitor or equivalent capacitor

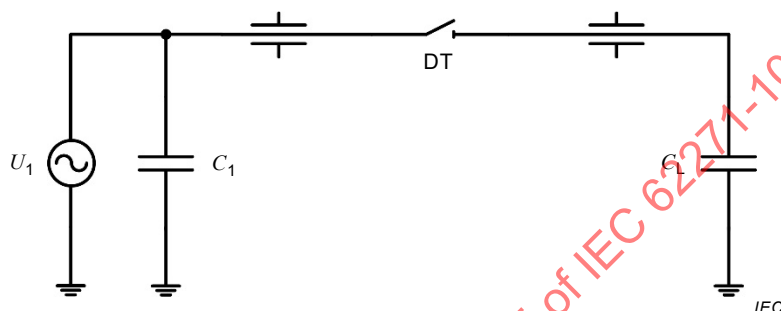
Figure 16 – Test circuit for test duty 2

7.108.6.3 Current switching capability test, test duty 3

The test circuit shown in Figure 17 applies. For this type of switching, the specific lengths of the busbar sections are of no significance. On the load side, a lumped capacitance C_L should be added in order to achieve the bus-charging current as given in Table 11 with a tolerance of $\pm 10\%$.

In order to reduce resonance effects, which can be caused due to a high source impedance, connection of a lumped capacitance C_1 of any value is acceptable to the source side.

Further testing conditions that affect the transient recovery conditions are subject to agreement between the manufacturer and the user.



Key

DT Disconnector under test

Figure 17 – Test circuit for test duty 3

7.108.7 Performance of making and breaking tests

During each test duty, the test series shall be performed without reconditioning the disconnector. The number of tests is given in Table 20.

Table 20 – Number of tests

Test duty	Number of make and break operations	
	Standard disconnector	Fast-acting disconnector ^a
1	50 ^b	200 ^{a, c}
2	50	200
3	50	50
^a Disconnectors having a contact speed in the range of 1 m/s or higher at the moment of contact separation. ^b If the most severe disconnector arrangement cannot be determined clearly (with reference to 7.108.3), test duty 1 shall be repeated with reversed disconnector terminals. ^c Reduction of the number of tests down to 50 is acceptable if the test voltage is increased (to cover statistical effects) to the following values: – source side: $U_r \times 1,2/\sqrt{3}$; – load side: (DC pre-charge): $-U_r \times 1,2 \sqrt{2}/\sqrt{3}$.		

7.108.8 Behaviour of the disconnector during making and breaking tests

The disconnector shall perform successfully without mechanical or electrical damage.

Disruptive discharges from phase to earth or from phase to phase are not permitted. Additionally, for resistor-fitted disconnectors in metal-enclosed gas-insulated switchgear disruptive discharges are not permitted across the resistor.

NOTE It is essential that disruptive discharges to earth or between phases can be detected properly by adequate measuring or detecting equipment.

7.108.9 Condition after test

The mechanical operating characteristics shall be within the tolerances given by the manufacturer and the insulation of the disconnector shall be essentially in the same condition as before the test.

Mechanical wear and erosion due to arcing, as well as deposits on the insulators caused by the decomposition of the arc extinguishing medium, are acceptable. However, the current-carrying capability and the isolating properties of the disconnector shall not be impaired. The quality of the material used for arc extinguishing, if any, may be impaired and its amount reduced below the normal level. There may be deposits on the insulators caused by the decomposition of the arc extinguishing medium.

The isolating properties of a disconnector in the open position shall not be reduced below what corresponds to normal wear and ageing, by deterioration of insulating parts.

No-load operation and visual inspection of the disconnector after tests are usually sufficient for verification of the isolating properties and the current-carrying capability of the disconnector. In case of doubt, it can be necessary to perform the appropriate tests as mentioned below. For disconnectors that are sealed for life, it is mandatory to perform the voltage test as a condition check.

If the isolating properties are doubted, a voltage test as condition check in accordance with 7.2.12 is to be performed to verify the insulating properties. Alternative test methods given in 6.2.11 of IEC 62271-100:2008 + AMD1:2012 + AMD2:2017 may be used for $U_r > 72,5$ kV. The minimum functional pressure of the gas for insulation shall be used, if applicable.

In case of doubt of current-carrying capacity, main circuit resistance measurement may be used where ever it is possible to measure the resistance close to the contacts. The increase in main circuit resistance after test shall not exceed 20 %. If the contact resistance exceeds this value, a test under rated continuous current (7.5) shall demonstrate that the temperature rise in the contacts does not exceed the limits given in Table 14 of IEC 62271-1:2017 by monitoring the temperature at the points as close as possible to the main contacts.

For resistor-fitted disconnectors in metal-enclosed gas-insulated switchgear, the maximum variation of the ohmic resistance of the complete resistor after the test shall not exceed 5 % of the value measured before the test. A visual inspection of the resistor shall be made after the type tests. No evidence of flashover across the resistor or any mechanical damage shall be observed. It can be necessary to disassemble the disconnector for the visual inspection.

7.108.10 Type test reports

In addition to the requirements given in 7.1.2 and 7.1.3 of IEC 62271-1:2017, the type test report shall contain the following information:

- a) representative oscillographic record of one make and one break operation;
- b) test circuit(s);
- c) steady-state test current (only for test duty 3);
- d) test voltage(s);
- e) transient voltage characteristics;

- f) record of operating characteristics;
- g) insulating-gas pressure during the tests;
- h) number of make and break switching operations;
- i) condition after test;
- j) type of fault detection system;
- k) supply voltage or pressure of mechanism operated.

7.108.11 Requirements for U_{TVE} measurements

Requirements for the measurements:

- U_{TVE} verification shall be carried out at least once during each performed test-duty. Configurational changes such as different connecting lead length, equipment orientation, etc., are considered as changes to the test circuit and will require additional measurements;
- U_{TVE} measurements shall be made within 1 m of the arcing contacts of the disconnecter. If this is not possible, U_{TVE} verification may be done by computer calculation, provided that other measurements (within the test section but outside the 1 m zone) are performed at least once to check the validity of the calculation technique;
- care shall be taken to ensure that possible stray power frequency interference is taken into account;
- U_{TVE} measurement shall be made with sufficient bandwidth to properly record the VFT component.

8 Routine tests

8.1 General

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

Addition to the list of routine tests:

- f) mechanical operating tests in accordance with 8.101.
- g) verification of earthing function in accordance with 8.102

Disconnectors and earthing switches integrated in enclosed switchgear shall be tested as part of the switchgear assembly in accordance with IEC 62271-200, IEC 62271-201 or IEC 62271-203.

8.2 Dielectric test on the main circuit

Subclause 8.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions and/or deviations.

In case of disconnectors or earthing switches placed

- inside sealed pressure systems, the dielectric test may be performed at rated filling pressure for insulation;
- inside controlled or closed pressure systems, the dielectric test shall be performed at minimum functional pressure for insulation.

If the conditions indicated in the third paragraph of 8.2 of IEC 62271-1:2017 are not fulfilled, the following applies:

- for testing of disconnectors the test conditions shall be in accordance with Table 21. For an explanation of the reference designations for connections, see Figure 2 of IEC 62271-1:2017;

Table 21 – Power frequency voltage tests

Test condition no.	Disconnecter position	Voltage applied to	Earth connected to
1 ^a	Closed	Aa	BbCcF
2 ^a	Closed	Bb	AaCcF
3 ^a	Closed	Cc	AaBbF
4	Open	ABC	abcF
5	Open	abc	ABCF
6 ^b	Open	ABC or abc	Earthing switch

^a If the insulation between poles is air at atmospheric pressure and if the dimensions are checked, test conditions nos. 1, 2 and 3 may be combined, the test voltage being applied between all parts of the main circuit connected together and the base.

^b Earthing switch in the position resulting in the shortest gap between its moving parts and ABC or abc. The test is applicable only to disconnectors with integrated earthing switch.

- for testing of earthing switches, the test voltage shall be applied with the earthing switch in the open position:
 - 1) between adjacent insulated terminals with the bases earthed (e.g. A to B with F earthed);
 - 2) between all the insulated terminals connected together and the bases earthed (e.g. ABC to F earthed).

8.3 Tests on auxiliary and control circuits

Subclause 8.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.4 Measurement of the resistance of the main circuit

Subclause 8.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable only to disconnectors.

8.5 Tightness test

Subclause 8.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.6 Design and visual checks

Subclause 8.6 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

8.101 Mechanical operating tests

Operating tests are made to ensure that the disconnectors or earthing switches show the specified operating behaviour within the specified supply voltage, if any, and supply pressure limits, if any, of their operating mechanisms.

During these tests, which are performed without voltage on, or current flowing through the main circuit, it shall be verified that:

- the disconnectors or earthing switches open and close correctly when their operating mechanisms are energized;
- the interlocks work properly in any interlocked position;

- the position-indicating and -signalling devices indicate correctly the open and closed positions.

The disconnector or earthing switch shall be subjected to the following tests:

- at specified minimum supply voltage and/or pressure (if any): five operating cycles;
- at specified maximum supply voltage and/or pressure (if any): five operating cycles;
- if a disconnector or earthing switch can be operated manually: five manual operating cycles.

During these operating cycles, the operating characteristics such as, if applicable, operating times, power consumption, maximum forces for manual operation, shall be verified. Satisfactory operation of control and auxiliary contacts, and position-indicating devices (if any) shall be verified. The values of each parameter shall be within the tolerances specified by the manufacturer.

During these tests no adjustment shall be made and the operation shall be faultless. The closed and open position shall be reached with the specified indication and signalling during each operating cycle.

After these tests, no parts of the disconnector or earthing switch shall be damaged.

For disconnectors and earthing switches of $U_r > 52$ kV, the mechanical operating routine tests may be performed on sub-assemblies.

Where mechanical routine tests are performed on separate components, they shall be repeated at site on a complete assembled disconnector during the commissioning tests. The same total number of operations as specified in 7.102.3.2 shall be performed.

8.102 Verification of earthing function

The earthing function shall be verified according to the manufacturer's specification. However, test of electrical continuity shall be performed. Some examples of other routine tests that can be specified are as follows:

- contact resistance;
- contact pressure;
- visual inspection;
- dimension check;
- electrical continuity.

9 Guide to the selection of disconnectors and earthing switches (informative)

9.1 General

Clause 9.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions.

For the selection of disconnectors and earthing switches, the following conditions and requirements at site should be considered:

- continuous current load and overload conditions;
- existing fault conditions;
- static and dynamic terminal loads resulting from the substation design;
- use of rigid or flexible conductors to be connected to the disconnector or earthing switch or to which the separated contact is mounted;
- environmental conditions (climate, pollution, etc.);

- altitude of the substation site;
- required operational performance (mechanical endurance);
- switching requirements (bus-transfer current switching by disconnectors, induced current switching by earthing switches, short-circuit making capacity of earthing switches).

NOTE See Annex B for more information about current-switching capabilities of disconnectors and earthing switches

When selecting a disconnector or earthing switch, due allowance should be made for the likely future development of the system as a whole so that the disconnector or earthing switch is suitable not merely for immediate requirements, but also for those of the future.

9.2 Selection of rated values

Clause 9.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

9.2.101 General

All rated characteristics and classes of a disconnector or earthing switch given in Clause 5 should be considered, as far as applicable, together with subclauses 9.2.102 to 9.2.110.

9.2.102 Selection of rated voltage and rated insulation level

The rated voltage of the disconnector or earthing switch should be chosen so as to be at least equal to the highest voltage of the system at the point where the disconnector or earthing switch is to be installed.

The rated voltage of a disconnector or earthing switch should be selected from the standard values and their related insulation levels given in 5.2 and 5.3 of IEC 62271-1:2017.

For disconnectors and earthing switches installed at high altitudes, refer to 4.2.2 of IEC 62271-1:2017.

9.2.103 Selection of rated continuous current

The rated continuous current of a disconnector should be selected from the standard values given in 5.5 of IEC 62271-1:2017.

It should be noted that disconnectors have no standardized continuous overcurrent capability. When selecting a disconnector, therefore, the rated continuous current should be such as to make it suitable for any load current that may occur in service. Where intermittent overcurrents are expected to be frequent and severe, the manufacturer should be consulted.

9.2.104 Selection of rated contact zone

For proper function of a divided support disconnector or earthing switch, the user should ensure that the fixed contact stays within the limits given in Table 2 by considering the service conditions when specifying the substation design and the cantilever strength of the insulators.

When selecting the rated contact zone, the user should verify that the rated contact zone specified by the manufacturer is not exceeded in its specific application for the following additional constraints, if applicable:

- a longitudinal deflection resulting from wind acting on other connected components that are perpendicular to the bus work and from equipment movement;
- a perpendicular deflection resulting from forces from wind on other connected components that are perpendicular to the bus work and from equipment movement;

- a vertical deflection resulting from other vertical loads hung from the bus and from operating loads imposed by the operation of other equipment connected to the bus.

9.2.105 Selection of rated static mechanical terminal load

The rated static mechanical terminal load should be selected based on the requirements of 5.104 and the definitions of 3.7.119. The most disadvantageous conditions should be considered by the user when specifying the rated static terminal loads.

To calculate the required static terminal loads as well as the required strength of insulators, the forces resulting from the conductors connected to the disconnector or earthing switch, including the forces of wind and ice (if applicable) and minimum specified ambient air temperature on these conductors should be considered.

9.2.106 Selection of a bus-transfer current switching capability for disconnectors of $U_r > 52$ kV

Although disconnectors are, by definition, only capable of opening and closing a circuit when either negligible current is broken or made or when no significant change in the voltage across the terminals of each of the poles of the disconnector occurs, disconnectors in some applications are used for load transfer from one bus system to a parallel bus. Even if a bus coupling is closed, the load transfer can be a more or less severe switching operation for the disconnector, depending on the dimensions of the substation and the current to be transferred.

If a bus-transfer current switching capability is required, the values of transfer current and expected recovery voltage should be specified in the enquiry (see Clause 10).

9.2.107 Selection of an induced-current switching capability for earthing switches of $U_r > 52$ kV

An earthing switch is normally used for opening and closing a connection to earth from an isolated section of an electrical installation or line.

In high-voltage networks, tower configurations are sometimes used with more than one system being mounted on the same line tower. In such cases, induced currents have to be switched when earthing or unearthing one of the lines whilst the other line is connected to the system and can be carrying load current. The magnitude of the induced currents to be switched by the earthing switch depends on the capacitive and inductive coupling factors between the lines, and on the voltage, load and length of the parallel system.

Usually, higher voltage networks are characterised by longer loop distances and higher load currents resulting in higher values of induced currents.

If a switching capability is required, the values given in Table 9 can be used for most of the cases to be specified in the enquiry (see Clause 10).

9.2.108 Selection of rated short-time withstand current and of rated duration of short-circuit

Subclauses 5.6 and 5.8 of IEC 62271-1:2017 are applicable.

The test arrangements represented in Figures 3, 4 and 5 are for type test purposes. It cannot be excluded that electrical installation designs exist in which the disconnector or earthing switch undergoes higher stresses.

NOTE For short-time currents it can be considered that the thermal stress is constant when $I^2t = \text{constant}$.

9.2.109 Selection of rated peak withstand current and of rated short-circuit making current for earthing switches

The selected disconnecter or earthing switch should have a rated peak withstand current not less than the highest peak value of the fault current occurring in the actual system (by considering the actual value of the time constant of the network).

Subclause 5.6 should be considered.

This applies also to the rated short-circuit making current of an earthing switch (where applicable).

9.2.110 Selection of short-circuit making capability for earthing switches

The selection should be done according to the classification mentioned in subclause 5.102. The selection of class E1 or E2 depends on operational procedures of the electrical network. Usually, this ability is not requested for earthing switches forming part of air-insulated switchgears of $U_r > 52$ kV.

9.3 Cable-interface considerations

Clause 9.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

9.4 Continuous or temporary overload due to changed service conditions

Clause 9.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

9.5 Environmental aspects

Clause 9.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

9.5.101 Local environmental conditions

For the normal and special service conditions for disconnectors and earthing switches, Clause 4 of IEC 62271-1:2017 applies.

For disconnectors and earthing switches, pollution conditions in certain areas both outdoors and indoors are unfavourable on account of smoke, chemical fumes, salt-laden spray, etc. Where such adverse conditions are known to exist, special consideration should be given to the design and materials used with the disconnector or earthing switch. In these conditions, care should be taken when considering the performance of parallel insulation. Pollution tests could be necessary to be performed on the disconnector or the earthing switch.

For insulators normally exposed to the atmosphere, refer to 6.15 of IEC 62271-1:2017. The performance of an insulator in polluted atmospheres also depends on the frequency with which artificial washing or other pollution control methods are carried out or natural cleaning occurs.

NOTE Insulator designs which have been proved by testing to fulfil the requirements of the user, can have a nominal creepage distance smaller than that given by the product of the rated voltage and the minimum specific creepage distance.

For open-terminal, indoor installations in coastal areas where salt deposit is a problem, it is recommended, for $U_r > 52$ kV, to use equipment with outdoor insulation as this is more readily available than special indoor insulation. The use of GIS installations is also possible.

If a disconnector or earthing switch is to be located where the wind speed exceeds 34 m/s, this should be stated in the enquiry.

If a disconnector or earthing switch is to be located in a surrounding where an ice-coating with a thickness exceeding 1 mm is expected, this should be stated in the enquiry, taking 7.103 into consideration.

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

10.1 General

Clause 10 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions/modifications.

For disconnectors and earthing switches used in gas-insulated and/or metal-enclosed switchgear, Clause 9 of IEC 62271-200:2011 or IEC 62271-203:2011 is applicable.

10.2 Information with enquiries and orders

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

When enquiring for or ordering a disconnector or an earthing switch, the following information, where applicable, should be supplied by the enquirer:

- a) particulars of system, i.e. nominal and highest voltages, frequency, number of phases and details of neutral earthing;
- b) service conditions, including minimum and maximum ambient air temperatures if different from the normal values (refer to Clause 9), altitude if over 1 000 m, ice 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 9.5.101);
- c) characteristics of the disconnector or earthing switch. The following information should be given:
 - 1) indoor or outdoor installation;
 - 2) number of phases;
 - 3) rated voltage;
 - 4) rated frequency;
 - 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 (see Tables 1 to 4 of IEC 62271-1:2017);
 - 6) rated continuous current (for disconnectors only);
 - 7) rated short-time withstand current (I_k);
 - 8) rated duration of short-circuit (if different from 1 s);
 - 9) rated peak withstand current (if different from 2,5 I_k);
 - 10) rated short-circuit making current, if any (for earthing switches only) (see 5.101);
 - 11) rated static mechanical terminal loads, if applicable (see 5.104);
 - 12) use of rigid or flexible conductors to be connected to the disconnector or earthing switch or to which the separated contact is mounted, if applicable (see 5.104);
 - 13) mounting conditions and HV connections, for example hanging arrangement of the fixed contact of the disconnector and earthing switch; support structure to be supplied with the equipment or not, if applicable;
 - 14) requirements for insulators (if applicable) to be used with the disconnector and earthing switch:
 - class of pollution taken from IEC/TS 60815-1 [4];
 - profile of the sheds (if applicable); taken from IEC/TS 60815 (all parts) [3];
 - see item 11);

- 15) required contact zone; if applicable;
 - 16) operation under severe ice conditions, if applicable;
 - 17) rated bus-transfer current switching (disconnectors only), if applicable;
 - 18) rated induced current switching (earthing switches only), if applicable;
 - 19) rated mechanical endurance class, if different from M0;
 - 20) rated short-circuit making capability class, if different from E0 (earthing switches only);
 - 21) bus-charging current switching capability;
 - 22) degree of protection for the enclosure and partitions (if any of both);
 - 23) circuit diagrams;
- d) characteristics of the operating mechanism and associated equipment, in particular:
- 1) method of operation, whether manual and/or power dependent;
 - 2) for independent manual operation of earthing switches: the duration of a time delay;
 - 3) the operating height above servicing level;
 - 4) for power operation, the type of available supply energy (e.g. compressed air, or electrical DC or AC) and its ratings (pressure, voltage, frequency);
 - 5) number and type of auxiliary contacts to be available;
 - 6) degree of protection if higher than that specified in 6.14;
 - 7) interlocking requirements;
 - 8) minimum duration of the operating signal;
 - 9) maximum operating time for power operation;
- e) requirements concerning the use of compressed gas and requirements for design and tests of pressure vessels;
- f) any routine tests or additional checks required to be witnessed by the user;
- g) any other information concerning special conditions not included above that might influence the tender or the order, such as, for example, special mounting or installation conditions, the location of the external high-voltage connections or requirements for cable testing;
- h) request for type test documentation or any specific request about conformity assessment material.

10.3 Information with tenders

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

The information given by the manufacturer with tenders should cover the requirements specified in 10.2 as applicable, and should state compliance with and deviations from the enquiry details. The dimensions given in drawings of disconnectors and earthing switches are subject to tolerances as standardized by ISO 2768-1 unless otherwise specified. National requirements enforcing deviation from IEC 62271-1 should be stated in the tender documents.

The information given by the manufacturer with tenders should include, where applicable:

- a) rated values and characteristics as enumerated in item c) of 10.2, and Clause 5;
- b) constructional features, when applicable:
 - 1) mass of complete disconnector or earthing switch;
 - 2) overall dimensions in closed and open position (if different);
 - 3) arrangement of the external connections;
 - 4) facilities necessary for transport and mounting;

- 5) mounting provisions;
 - 6) accessible sides;
 - 7) type of gas-pressure or liquid-pressure system (if any);
 - 8) minimum clearances in air:
 - between poles;
 - to earth;
 - for isolating distance (for disconnectors only);
 - 9) for divided support disconnectors and earthing switches, the rated contact zone;
 - 10) corrosion protection;
 - 11) for disconnectors having a fixed contact requiring reaction forces when closing and opening the contact, these forces and their direction shall be stated by the manufacturer in the documentation;
 - 12) where applicable, the dielectric losses (mW) of the insulation system of the external grounding connection shall be given;
- c) operating mechanism and associated equipment:
- 1) type of operating mechanism;
 - 2) rated supply voltage and/or pressure of operating mechanism;
 - 3) current required at rated supply voltage to operate the disconnector or earthing switch; maximum current and maximum voltage at the terminals of the operating mechanism;
 - 4) quantity of free gas required to operate the disconnector or earthing switch at the rated supply pressure, as applicable;
 - 5) number and type of available auxiliary contacts;
 - 6) design of the device or description of means for securing the position;
 - 7) design of indicating and signalling device;
 - 8) operating times.

11 Transport, storage, installation, operating instructions, and maintenance

11.1 General

Subclause 11.1 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

For disconnectors and earthing switches used in gas-insulated and/or metal-enclosed switchgear, Clause 10 of IEC 62271-200:2011 or of IEC 62271-203:2011 is applicable.

11.2 Conditions during transport, storage and installation

Subclause 11.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.3 Installation

Subclause 11.3 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Disconnectors and earthing switches shall be packed, as far as it is practicable, as one unit.

Packages and crates containing more than one unit or more than one component (insulators, drive rods, operating mechanisms and similar components) should be clearly identified and accompanied by a list of content.

11.4 Operation

Subclause 11.4 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

11.5 Maintenance

Subclause 11.5 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

For disconnectors and earthing switches with any switching capability, the number of operations needs to be taken into account in order to estimate the maintenance intervals.

For maintenance purposes, the disconnector in gas-insulated switchgear shall be considered to have its full isolating properties only if the gas pressure is not lower than its minimum functional pressure (density).

12 Safety

12.1 General

Clause 12 of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following additions:

NOTE The terms "skilled person" and "instructed person" are defined in IEC 826-09-01 and IEC 826-09-02, respectively. The requirements for "skilled person" and "instructed person" can deviate depending on local safety rules.

For actuating principles, refer to IEC 60447:2004 [5].

12.2 Precautions by manufacturers

Subclause 12.2 of IEC 62271-1:2017 is applicable.

12.3 Precautions by users

Subclause 12.3 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 (informative)

Test voltage for the most disadvantageous dielectric position of an earthing switch during operation (minimum temporary clearance)

For standardization of dielectric strength in the most disadvantageous dielectric position of an earthing switch during operation, it has to be taken into consideration that:

- for $52 \text{ kV} < U_r \leq 170 \text{ kV}$, different types of neutral systems exist;
- for $U_r > 170 \text{ kV}$, the solid earthing of the neutral is the typical one.

Therefore:

- for the lower voltage range ($52 \text{ kV} < U_r \leq 170 \text{ kV}$), even if different neutral systems exist, it is reasonable to standardize only one test voltage, considering the most severe condition, which is the one of unearthed neutral systems;
- for the higher voltage range ($U_r > 170 \text{ kV}$), only the solid earthing of the neutral is considered for standardizing the test voltage.

Furthermore, for $U_r \geq 300 \text{ kV}$ the proportion of the power frequency withstand voltage to the system voltage is reduced compared with the proportion of the test voltage to the system voltage below 300 kV (in the higher range, switching impulse tests are standardized).

Because of the relatively low power-frequency withstand voltage for systems of 300 kV and above, the disconnectors and earthing switches of $U_r = 245 \text{ kV}$ have a singular position. On the one hand, they belong to the range with solidly earthed systems; on the other hand, they belong to the test voltage range below 300 kV . This makes it necessary, therefore, to consider whether to relate the required dielectric strength to the standardized power frequency withstand voltage (line-to-earth) or to the rated voltage.

A fixed relation to the line-to-earth withstand voltage would give too high a value for the lower rated voltages and too low a value for the higher rated voltages.

Since the safety distances in substations are not related to the dielectric test voltages but to the rated voltage, the dielectric strength for the minimum temporary clearance should also be related to the rated voltage and the earthing condition of the network. Also the fact should be considered that the test voltages might be changed once in a while, and this should not result in a change of the test voltage for the minimum temporary clearance.

For standardization, the following values are therefore suggested:

- a) for $52 \text{ kV} < U_r \leq 170 \text{ kV}$: $1,3 \times U_r$;
- b) for $U_r > 170 \text{ kV}$: $2 \times U_r / \sqrt{3}$.

For disconnectors with integrated earthing switches, the suggested test voltages with the earthing switch in the most disadvantageous dielectric position are given in Table 14 after taking into consideration the above-mentioned details. An impulse voltage test is not required because of the very low probability of a lightning or switching impulse during the earthing procedure.

Annex B (informative)

Current-switching capability required of disconnectors and earthing switches

B.1 Bus-transfer current switching capability of disconnectors

For disconnectors used to transfer load currents from one bus system to another, a capability to make and break bus-transfer currents is required. This requirement is applied to disconnectors of $U_r > 52$ kV.

The bus-transfer currents and voltages depend upon the magnitude of the load current and upon the size of the loop between the location(s) of the bus coupling and the location of the disconnector to be operated.

The values of the rated bus-transfer voltages in Table 7 are based on calculations of the bus-transfer current corresponding to the rated continuous current of the disconnector taking into account impedances as shown in Table B.1 and typical loop lengths as follows:

- loop length for gas-insulated installations: 65 m for $52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$ and 130 m for $U_r \geq 245 \text{ kV}$;
- loop length for air-insulated installations: 200 m for $52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$ and 400 m for $U_r \geq 245 \text{ kV}$.

Table B.1 – Average impedances

Rated voltage U_r kV	Average impedance $\mu\Omega/\text{m}$	
	Gas-insulated installations	Air-insulated installations
72,5	63	314
100		
123		
145		
170		
245 / 300	67	346
420		
550		361
800	76	355
1 100	80	388

B.2 Bus-charging current switching capability of disconnectors

Energizing or de-energizing unloaded sections of busbar duct or parallel capacitors of circuit-breakers is considered as capacitive switching. Very fast transient overvoltage (VFTO) phenomena occur as an inherent part of capacitive switching with disconnectors in gas-insulated metal-enclosed switchgear. Since the VFTO might cause disruptive discharges to earth, correct design of the disconnector is required to avoid disruptive discharges to earth. This requirement is normally applied to disconnectors of $U_r \geq 300$ kV.

For $U_r < 300$ kV, the VFTO does not become so high compared with the specified lightning impulse withstand voltage (LIWV) because the ratios between the LIWV and rated voltage are

sufficiently high. Simultaneous switching of several disconnectors in the same circuit is not advisable and thus not considered in this document.

As a special case for disconnectors used to de-energize long busbars or other energized parts, for example short lengths of cables, a capability of current-switching is required. This requirement can be applied not only to disconnectors of $U_r \geq 300$ kV but also of $U_r < 300$ kV.

With $U_r \geq 800$ kV the maximum VFTO in GIS systems can reach the insulation level of lightning impulse withstand voltage in certain cases. In such cases, resistor-fitted disconnectors may be used to mitigate the VFTO. Three different types of resistor-fitted disconnectors are given as examples in Figure B.1. The resistor can be positioned in parallel or in series to the switching gap. In the arc-commutation method, the current is switched to the parallel resistor during an opening operation by commutation of the arc from the main contact to the resistor contact.

Typical resistors of values 200Ω to $1\,000 \Omega$ are used. The overvoltage damping factor depends on the ratio of the resistance of the resistor and the system impedance.

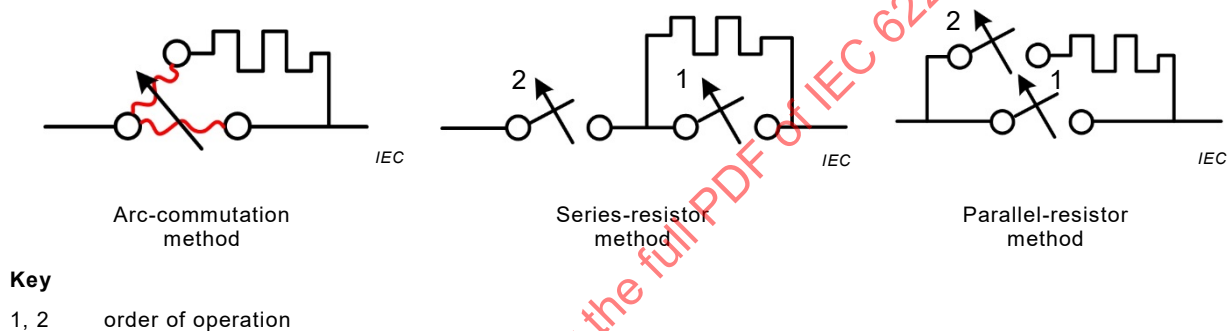


Figure B.1 – Examples of resistor-fitted disconnectors

B.3 Induced current-switching capability of earthing switches

For earthing switches used to earth multiple configurations of overhead transmission lines, a capability to make and break induced currents is required. This requirement is applied to earthing switches of $U_r > 52$ kV.

In the case of multiple configurations of overhead transmission lines, current can circulate in de-energized and earthed lines as a result of capacitive and inductive coupling with adjacent energized lines. Earthing switches applied to earth these lines shall therefore be capable of assuring the following service conditions:

- making and breaking of a capacitive current when the earth connection is open at one termination and earthing switching is performed at the other termination;
- making and breaking of an inductive current when the line is earthed at one termination and earthing switching is performed at the other termination;
- carrying continuously the capacitive and inductive currents.

Annex C (normative)

Tolerances on test quantities for type tests

A tolerance is defined as the range of the test values specified in the document within which the measured test value shall lie for a test to be valid.

Any deviation between the measured test value and the true test value caused by the uncertainty of the measurement are not taken into account in this respect.

Table C.1 states tolerances on test quantities for type tests.

Table C.1 – Tolerances on test quantities for type tests (1 of 2)

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerance	Reference
7.101	Short-circuit making tests of earthing switches	Test frequency	f_r	$\pm 10 \%$	7.101.3
		Test voltage (average phase to phase)	U_r	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.101.4
		Any phase voltage / average (three-phase)	1	$\pm 5 \%$	7.101.4 a)
		Test voltage (average, single phase)	$U_r / \sqrt{3}$	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.101.4 b)
		Test voltage (average, three-phase)	U_r	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.101.4 b)
		Short-circuit current at 200 ms	I_k	$\geq 80 \%$	7.101.5
		Short-circuit making current (peak, prospective)	I_{ma}	$\left(\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.101.5
7.106	Bus-transfer current switching	Test frequency	f_r	$\pm 10 \%$	7.106.2.3
		Test voltage	U_{bt}	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.106.2.4
		Test current	I_{bt}	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.106.2.5
		Any phase current / average	1	$\pm 10 \%$	7.106.2.5
		Power factor of test circuit		$\leq 0,5$	7.106.2.6

Table C.1 (2 of 2)

Subclause	Designation of the test	Test quantity	Specified test value	Test tolerance	Reference
7.107	Induced current switching	Test frequency	f_r	$\pm 10 \%$	7.107.4
		Test voltage	U_{im}, U_{is}	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.107.5
		Any phase voltage / average	1	$\pm 10 \%$	7.107.5
		Test current	I_{im}, I_{is}	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.107.6
		Any phase current / average	1	$\pm 10 \%$	7.107.6
		Power factor of supply circuit		$\leq 0,15$	7.107.7.2
		TRV peak (electromagnetically induced current)		$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.107.7.2
		Time to peak (electromagnetically induced current)		$\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -10 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.107.7.2
7.108	Bus-charging current switching test	Test frequency	f_r	$\pm 10 \%$	7.108.4
		Test voltage	U_1, U_2	$\left(\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \right) \%$	7.108.5
	Current switching capability test duty 3	Bus-charging current		$\pm 10 \%$	7.108.5

Annex D

(normative)

Alternative test methods for short-circuit current making tests

D.1 General

In this annex applying to 7.101.5 a), alternative test methods are given to obtain the conditions corresponding to correct making current with correct pre-arcing time.

For the tests using alternative methods in which the required pre-arcing time is obtained, the making angle can be extended to -40 electrical degrees and $+15$ electrical degrees with reference to the voltage peak of the current source.

NOTE At -40 electrical degrees, the pre-arc energy is higher than within the limitation of $+30$ electrical and $+15$ electrical degrees.

For convenience of testing in a three-phase circuit it is allowed to have the maximum pre-arcing time only in one phase, while at the other two phases the current is applied at reduced voltage.

D.2 Alternative methods

D.2.1 Synthetic test method with both rated voltage and rated short-circuit current

The synthetic test methods as given in Clause 5 of IEC 62271-101:2012 may be applied.

The test circuit and specific requirements shall fulfil the requirement a) of 7.101.5.

D.2.2 Test methods with reduced voltage

D.2.2.1 General

To obtain comparable results between tests with rated voltage and alternative tests with reduced voltages, the pre-arcing time obtained during the making test with reduced voltage shall not be less than the pre-arcing time in the test with the rated voltage.

The test is split up in two parts:

- part 1: a test at rated voltage and reduced current to determine the pre-arcing time of the earthing switch;
- part 2: a test at reduced voltage and rated short-circuit making current, with the required pre-arcing time.

D.2.2.2 Part 1: determination of pre-arcing time

The pre-arcing time shall be determined by performing making tests at rated voltage and reduced current. The arrangement of the earthing switch shall be as described in 7.101.2. The current shall be low enough that the contact surface is not influenced by contact erosion. The pre-arcing time shall be determined at each of these tests.

Ten making tests performed to evaluate the pre-arcing time shall result in a current initiation instant corresponding to an angle of -15 electrical degrees to $+15$ electrical degrees on the peak of the applied AC voltage wave-shape. The average value of these valid pre-arcing times measured and the standard deviation (σ) shall be calculated to be applied in Part 2 (see D.2.2.3).

As an alternative, DC voltage may be used. The DC voltage shall correspond to the peak value of the test voltage. The pre-arcing time can differ depending on the polarity of the voltage at making. Therefore, 10 making tests shall be divided into 5 operations with positive polarity and 5 operations with negative polarity. The longest average pre-arcing time out of the two polarities and its standard deviation (σ) shall be calculated and applied in Part 2.

NOTE A travel transducer or an equivalent device can be used for the measurement of the pre-arcing time. In a three-phase device, one phase can be used for evaluating the pre-arcing time and the other phases can be used to measure the actual contact touch. A no-load operation with contact timing measurement on all three poles can be used to compensate time spread between poles.

D.2.2.3 Part 2: short-circuit current making tests at reduced voltage

During making tests with rated short-circuit current at reduced voltage, the pre-arcing time (see 7.101.5 a) shall be at least equal to the average of the pre-arcing time plus 2σ determined in the tests as described in Part 1 (see D.2.2.2).

The short-circuit current obtained during tests at reduced voltage shall be at least equal to the rated short-circuit current.

In order to obtain the required pre-arcing time, the initiation of the current can be achieved by the three methods listed below.

Method 1: A current source at reduced voltage and a voltage source of any wave form, high enough to initiate the pre-arcing at the correct point on the wave.

Method 2: For gas-insulated earthing switches, both the gas pressure and the applied voltage of the current source can be decreased such that the required pre-arcing time is still obtained.

Instead of just decreasing the gas pressure, the test object may also be filled with an alternative medium, such as air or nitrogen.

The speed at contact touch shall not change by more than 10 % due to the reduction of the gas pressure or replacing the gas by an alternative medium.

NOTE 1 It can be useful to estimate the required voltage at reduced pressure by the same method as described in Part 1 in order to obtain the correct pre-arcing time.

NOTE 2 In case that reduced pressure or alternative gas is used, the behaviour of the rupture disk cannot be verified, since the transient pressure can be lower or higher than expected in service conditions when service gas and rated filling pressure are used.

Method 3: A current source with reduced voltage and pre-arcing initiated by a fuse wire of maximum 0,5 mm diameter. The fuse wire is required in the pole to be tested for the short-circuit making current with the correct pre-arcing time.

NOTE 3 Some extra tests can be necessary to estimate the length of the fuse wire.

Annex E (informative)

Extension of validity of type tests

E.1 General

Annex J, except subclause J.2, of IEC 62271-1:2017 is applicable with the following addition:

Upon agreement between the manufacturer and the user, an individual type test does not need to be repeated for change of construction detail if the manufacturer can demonstrate that this change does not influence the result of that individual type test.

E.2 Dielectric tests

The rated voltage covers every voltage equal or less than the tested one.

E.3 Short-time withstand current tests

Test results obtained on a disconnector or earthing switch placed in a certain position (e.g. horizontal or vertical) are valid for the position of the disconnector or earthing switch during this test. However, in some cases, the position in which it is tested can validate other positions depending on the design and construction of the disconnector or earthing switch.

E.4 Short-circuit making performance of earthing switches

The rated voltage covers every network voltage equal or less than the tested one. The rated short-circuit making current covers every network short-circuit current equal or less than the tested one.

E.5 Operating and mechanical endurance tests

The test carried out on a given disconnector or earthing switch with a specified rated voltage and/or current covers lower rated voltage and/or current.

Interlocking devices of a given design may be used with other disconnectors and earthing switches, without repeating the type test, if the manufacturer can show the evidence that they work in the same way as they worked during the type test.

E.6 Bus-transfer current switching tests on disconnectors

Bus-transfer current switching elements of a given design may also be used within other disconnectors, without repeating the type test, if the manufacturer can show evidence that the bus-transfer current switching elements are operated by the other disconnector in the same way as by the disconnector with which the type test has been performed.

E.7 Induced current switching tests on earthing switches

Making and breaking elements of earthing switches having a rated induced current switching capability of a given design may also be used within other earthing switches without repeating the type test, if the manufacturer can show evidence that the making and breaking elements are operated by the other earthing switch in the same way as by the earthing switch with which the type test has been performed.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018

Bibliography

- [1] CIGRE TB 570:2014, *Switching Phenomena for EHV and UHV Equipment*
- [2] IEC 60507:2013, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on a.c. systems*
- [3] IEC/TS 60815 (all parts), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions*
- [4] IEC/TS 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*
- [5] IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*
- [6] IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*
- [7] CIGRE TB 260:2004, *N₂/SF₆ mixtures for gas insulated systems*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62271-102:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	115
1 Domaine d'application	118
2 Références normatives	118
3 Termes et définitions	119
3.1 Termes et définitions généraux	119
3.2 Ensembles de l'appareillage	120
3.3 Parties d'ensembles	120
3.4 Appareils de connexion	120
3.5 Parties d'appareils de connexion	122
3.6 Fonctionnement	124
3.7 Grandeurs caractéristiques	126
3.8 Liste des définitions	130
4 Conditions normales et spéciales de service	132
5 Caractéristiques assignées	133
5.1 Généralités	133
5.2 Tension assignée (U_r)	133
5.3 Niveau d'isolement assigné (U_d , U_p , U_s)	133
5.4 Fréquence assignée (f_r)	134
5.5 Courant permanent assigné (I_r)	134
5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)	134
5.7 Valeur de crête du courant admissible assignée (I_p)	134
5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)	134
5.9 Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande (U_a)	134
5.10 Fréquence d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande	134
5.11 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour les systèmes à pression entretenue	135
5.11.101 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la coupure	135
5.11.102 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour la manœuvre	135
5.101 Courant établi assigné en court-circuit (I_{ma})	135
5.102 Classification des sectionneurs de terre pour le pouvoir de fermeture en court-circuit	135
5.103 Zone de contact assignée	135
5.104 Effort mécanique statique assigné sur les bornes	136
5.105 Classification des sectionneurs pour l'endurance mécanique	137
5.106 Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique	138
5.107 Couche de glace assignée	138
5.108 Valeurs assignées des sectionneurs pour l'établissement-coupure de courant de transfert de barres	138
5.108.1 Courant assigné de transfert de barres	138
5.108.2 Tension assignée de transfert de barres	138
5.109 Classification et valeurs assignées des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit	139
5.110 Classification et valeurs assignées des sectionneurs pour l'établissement-coupure de courant de jeux de barres à vide	140
6 Conception et construction	141

6.1	Exigences pour les liquides utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre	141
6.2	Exigences pour les gaz utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre	141
6.3	Raccordement à la terre des sectionneurs et sectionneurs de terre	141
6.4	Équipements et circuits auxiliaires et de commande	142
6.5	Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure	142
6.6	Manœuvre à accumulation d'énergie	142
6.7	Manœuvre indépendante sans accrochage mécanique (manœuvre indépendante manuelle ou manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure)	142
6.8	Organes de commande à manœuvre manuelle	142
6.9	Fonctionnement des déclencheurs	143
6.10	Indication de la pression / du niveau	143
6.11	Plaques signalétiques	143
6.12	Dispositifs de verrouillage	145
6.13	Indicateur de position	145
6.14	Degrés de protection procurés par les enveloppes	145
6.15	Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur	145
6.16	Étanchéité au gaz et au vide	146
6.17	Étanchéité des systèmes de liquide	146
6.18	Risque de feu (inflammabilité)	146
6.19	Compatibilité électromagnétique (CEM)	146
6.20	Émission de rayons X	146
6.21	Corrosion	146
6.22	Niveaux de remplissage pour l'isolement, la coupure et/ou la manœuvre	146
6.101	Exigences spéciales pour les sectionneurs de terre	146
6.102	Exigences relatives à la distance de sectionnement des sectionneurs	146
6.103	Résistance mécanique	147
6.104	Manœuvre des sectionneurs et des sectionneurs de terre – Position des contacts mobiles et de leurs dispositifs indicateurs et de signalisation	147
6.104.1	Verrouillage de la position	147
6.104.2	Exigences complémentaires pour les mécanismes à source d'énergie extérieure	147
6.104.3	Indication et signalisation de la position	147
6.105	Effort maximal exigé pour la manœuvre (dépendante ou indépendante) manuelle	149
6.105.1	Généralités	149
6.105.2	Manœuvre exigeant plus d'un tour	149
6.105.3	Manœuvre exigeant au plus un tour	149
6.106	Tolérances dimensionnelles	149
6.107	Sectionneurs de terre avec pouvoir de fermeture en court-circuit	150
7	Essais de type	150
7.1	Généralités	150
7.1.1	Principes fondamentaux	150
7.1.2	Informations pour l'identification des objets d'essai	152
7.1.3	Informations à inclure dans les rapports d'essai de type	152
7.2	Essais diélectriques	152
7.2.1	Généralités	152
7.2.2	Conditions de l'air ambiant pendant les essais	152

7.2.3	Modalités des essais sous pluie.....	153
7.2.4	Disposition de l'appareil.....	153
7.2.5	Conditions de réussite des essais.....	153
7.2.6	Application de la tension d'essai et conditions d'essai	153
7.2.7	Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de $U_r \leq 245$ kV.....	154
7.2.8	Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de $U_r > 245$ kV	154
7.2.9	Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur.....	154
7.2.10	Essais de décharges partielles	154
7.2.11	Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande	154
7.2.12	Essai de tension comme essai de vérification d'état	154
7.3	Essai de tension de perturbation radioélectrique	154
7.4	Mesurage de la résistance	154
7.5	Essais au courant permanent.....	155
7.6	Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	155
7.6.1	Généralités.....	155
7.6.2	Disposition des sectionneurs et des sectionneurs de terre et du circuit d'essai.....	155
7.6.3	Valeurs du courant d'essai et de sa durée	161
7.6.4	État des sectionneurs et des sectionneurs de terre après l'essai	161
7.7	Vérification de la protection.....	162
7.8	Essais d'étanchéité	162
7.9	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM).....	163
7.10	Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande.....	163
7.11	Essai des rayonnements X pour les ampoules à vide	163
7.101	Essai pour vérifier les performances de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre	163
7.101.1	Conditions générales d'essai	163
7.101.2	Disposition du sectionneur de terre pour les essais	163
7.101.3	Fréquence d'essai	164
7.101.4	Tension d'essai	164
7.101.5	Courant établi en court-circuit pour essai.....	164
7.101.6	Circuits d'essai	164
7.101.7	Procédures d'essai	165
7.101.8	Comportement des sectionneurs de terre au cours de l'établissement des courants de court-circuit.....	166
7.101.9	Conditions du sectionneur de terre après les essais de fermeture en court-circuit	166
7.101.10	Essais non valables	166
7.101.11	Rapports d'essais de type.....	167
7.102	Essais de fonctionnement et d'endurance mécanique	168
7.102.1	Conditions générales d'essai	168
7.102.2	Essai de la zone de contact	168
7.102.3	Essai d'endurance mécanique	170
7.102.4	Fonctionnement au cours de l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes	172
7.102.5	Essais complémentaires d'endurance mécanique	173
7.102.6	Essais des dispositifs de verrouillage mécanique.....	174
7.103	Fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace.....	174
7.103.1	Généralités.....	174

7.103.2	Disposition d'essai.....	175
7.103.3	Procédure d'essai.....	175
7.104	Essais à basse et haute température	177
7.104.1	Généralités.....	177
7.104.2	Mesurage de la température de l'air ambiant	177
7.104.3	Essai à la température basse.....	178
7.104.4	Essai à la température haute	180
7.105	Essais pour vérifier le bon fonctionnement de l'indicateur de position	181
7.105.1	Généralités.....	181
7.105.2	Essais sur la chaîne cinématique de puissance et la chaîne cinématique de l'indicateur de position	181
7.106	Essais de coupure de courant de transfert de barres sur les sectionneurs.....	182
7.106.1	Généralités.....	182
7.106.2	Essais d'établissement et de coupure	182
7.107	Essais de coupure de courant induit sur les sectionneurs de terre.....	186
7.107.1	Généralités.....	186
7.107.2	Disposition du sectionneur de terre pour les essais	186
7.107.3	Mise à la terre du circuit d'essai et du sectionneur de terre.....	186
7.107.4	Fréquence d'essai	187
7.107.5	Tension d'essai	187
7.107.6	Courants d'essai.....	187
7.107.7	Circuits d'essai.....	187
7.108	Essais de coupure de courant de jeux de barres à vide sur les sectionneurs.....	193
7.108.1	Généralités.....	193
7.108.2	Séquences d'essai.....	193
7.108.3	Disposition du sectionneur pour les essais	193
7.108.4	Fréquence d'essai	194
7.108.5	Tensions d'essai pour les essais d'établissement et de coupure	194
7.108.6	Circuits d'essai pour les essais d'établissement et de coupure	195
7.108.7	Modalités d'exécution des essais d'établissement et de coupure	197
7.108.8	Comportement du sectionneur pendant les essais d'établissement et de coupure	198
7.108.9	État après essai.....	198
7.108.10	Rapports d'essais de type.....	199
7.108.11	Exigences pour les mesurages de la tension transitoire à la terre U_{TVE}	199
8	Essais individuels de série	200
8.1	Généralités	200
8.2	Essai diélectrique du circuit principal	200
8.3	Essais des circuits auxiliaires et de commande.....	201
8.4	Mesurage de la résistance du circuit principal	201
8.5	Essai d'étanchéité.....	201
8.6	Contrôles visuels et de conception.....	201
8.101	Essais de fonctionnement mécanique	201
8.102	Vérification de la fonction de mise à la terre.....	202
9	Guide pour le choix des sectionneurs et des sectionneurs de terre (informative)	202
9.1	Généralités	202
9.2	Choix des valeurs assignées.....	202
9.2.101	Généralités.....	202
9.2.102	Choix de la tension assignée et du niveau d'isolement assigné	203

9.2.103	Choix du courant permanent assigné	203
9.2.104	Choix d'une zone de contact assignée	203
9.2.105	Choix des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes	203
9.2.106	Choix du pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres pour les sectionneurs de $U_r > 52$ kV	204
9.2.107	Choix du pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit pour des sectionneurs de terre de $U_r > 52$ kV	204
9.2.108	Choix du courant de courte durée admissible assigné et de la durée du court-circuit assignée	204
9.2.109	Choix de la valeur de crête du courant admissible assignée et du courant établi assigné en court-circuit des sectionneurs de terre	204
9.2.110	Choix du pouvoir de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre	205
9.3	Considérations sur les interfaces avec les câbles	205
9.4	Surcharge continue ou temporaire due à une modification des conditions de service	205
9.5	Aspects d'environnement	205
9.5.101	Conditions environnementales locales	205
10	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes (informatif)	206
10.1	Généralités	206
10.2	Renseignements dans les appels d'offres et les commandes	206
10.3	Renseignements pour les soumissions	207
11	Transport, stockage, installation, instructions de fonctionnement et maintenance	208
11.1	Généralités	208
11.2	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation	209
11.3	Installation	209
11.4	Fonctionnement	209
11.5	Maintenance	209
12	Sécurité	209
12.1	Généralités	209
12.2	Précautions devant être prises par les constructeurs	209
12.3	Précautions devant être prises par les utilisateurs	209
13	Influence du produit sur l'environnement	210
Annexe A (informative) Tension d'essai applicable à la position la plus défavorable d'un point de vue diélectrique du sectionneur de terre pendant sa manœuvre (distance d'isolement minimale temporaire)		211
Annexe B (informative) Pouvoir d'établissement et de coupure de courant exigé des sectionneurs et des sectionneurs de terre		213
B.1	Pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres des sectionneurs	213
B.2	Pouvoir d'établissement et de coupure de courant de jeux de barres à vide des sectionneurs	213
B.3	Pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit des sectionneurs de terre	214
Annexe C (normative) Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type		216
Annexe D (normative) Autres méthodes d'essai pour les essais d'établissement de courant en court-circuit		218
D.1	Généralités	218
D.2	Autres méthodes	218
D.2.1	Méthode d'essai synthétique avec tension assignée et courant de court-circuit assigné	218

D.2.2 Méthodes d'essai à tension réduite	218
Annexe E (informative) Extension de la validité des essais de type	220
E.1 Généralités	220
E.2 Essais diélectriques	220
E.3 Essais au courant de courte durée admissible	220
E.4 Performances de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre	220
E.5 Essais de fonctionnement et d'endurance mécanique	220
E.6 Essais de coupure de courant de transfert de barres sur les sectionneurs	220
E.7 Essais de coupure de courant induit sur les sectionneurs de terre	221
Bibliographie	222
Figure 1 – Dispositifs indicateurs/de signalisation de position	148
Figure 2 – Disposition d'essai triphasé pour des sectionneurs et des sectionneurs de terre	156
Figure 3 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs comportant une distance de sectionnement horizontale et pour sectionneurs de terre de $U_T > 52$ kV, destinés à être utilisés avec des conducteurs souples ou rigides	158
Figure 4 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) de $U_T > 52$ kV à distance de sectionnement verticale, destinés à être utilisés avec des conducteurs souples	159
Figure 5 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) de $U_T > 52$ kV à distance de sectionnement verticale, destinés à être utilisés avec des conducteurs rigides	160
Figure 6 – Contact fixe parallèle au support	169
Figure 7 – Contact fixe perpendiculaire au support	169
Figure 8 – Exemple d'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes d'un sectionneur (ou sectionneur de terre) pantographe (à éléments séparés)	170
Figure 9 – Exemple d'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes d'un sectionneur à deux colonnes	171
Figure 10 – Séquences d'essai pour les essais à basse et haute température	178
Figure 11 – Exemple de circuit pour les essais de coupure de courant de transfert de barres	184
Figure 12 – Circuit d'essai pour l'établissement-coupure de courant d'induction électromagnétique	188
Figure 13 – Circuits d'essai pour l'établissement-coupure de courant d'induction électrostatique	190
Figure 14 – Circuit d'essai pour la séquence d'essai 1	195
Figure 15 – Forme d'onde de tension typique (incluant les composantes VFT et FT)	196
Figure 16 – Circuit d'essai pour la séquence d'essai 2	197
Figure 17 – Circuit d'essai pour la séquence d'essai 3	197
Figure B.1 – Exemples de sectionneurs équipés de résistances	214
Tableau 1 – Classification des sectionneurs de terre pour la fermeture en court-circuit	135
Tableau 2 – Zones de contact préférentielles pour les contacts "fixes" supportés par des conducteurs souples	136
Tableau 3 – Zones de contact préférentielles pour les contacts "fixes" supportés par des conducteurs rigides	136
Tableau 4 – Efforts mécaniques statiques préférentiels sur les bornes	137
Tableau 5 – Classification des sectionneurs pour l'endurance mécanique	137

Tableau 6 – Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique.....	138
Tableau 7 – Tensions assignées de transfert de barres des sectionneurs	139
Tableau 8 – Classification des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit	139
Tableau 9 – Valeurs des courants assignés d'induction et des tensions assignées d'induction	140
Tableau 10 – Classification des sectionneurs pour établissement-coupure de jeux de barres à vide.....	141
Tableau 11 – Valeurs normalisées des courants de jeux de barres à vide assignés	141
Tableau 12 – Informations sur le produit	143
Tableau 13 – Liste des essais de type	151
Tableau 14 – Tensions de tenue à fréquence industrielle.....	153
Tableau 15 – Exigences relatives à l'instant de fermeture	165
Tableau 16 – Essais non valables	167
Tableau 17 – Valeurs normalisées des tensions de rétablissement pour les essais de coupure de courant d'induction électromagnétique.....	189
Tableau 18 – Capacités du circuit d'essai (valeurs C_1) pour l'établissement-coupure de courant d'induction électrostatique.....	191
Tableau 19 – Tensions d'essai pour les essais d'établissement et de coupure	194
Tableau 20 – Nombre d'essais.....	198
Tableau 21 – Essais de tension à fréquence industrielle	200
Tableau B.1 – Impédances moyennes.....	213
Tableau C.1 – Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type	216

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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 internationale IEC 62271-102 a été établie par le sous-comité 17A: Appareils de connexion, du comité d'études 17 de l'IEC: Appareillage haute tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001, l'Amendement 1:2011 et l'Amendement 2:2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) adoption d'une nouvelle numérotation conformément à l'IEC 17/1025/RQ pour se conformer aux Directives ISO/IEC, Partie 2, et à l'IEEE C37.100.1;
- b) alignement de la numérotation des articles avec l'IEC 62271-1:2017:

- c) extension du Domaine d'application pour couvrir toutes les installations pour l'intérieur et pour l'extérieur. Prise en compte des appareils de connexion comportant, en plus d'autres fonctions, des fonctionnalités de déconnexion et/ou de mise à la terre couvertes par le présent document;
- d) transfert des caractéristiques assignées des Annexes B, C et E à l'Article 5; l'ordre des paragraphes correspond désormais à l'ordre des paragraphes de l'Article 7:
- e) affectation de nouvelles valeurs assignées au courant de transfert de barres et à la tension de transfert de barres;
- f) ajout d'une nouvelle classe d'endurance mécanique pour les sectionneurs de terre (M1);
- g) le paragraphe "Valeurs assignées d'endurance électrique pour les sectionneurs de terre" s'intitule désormais "Classification des sectionneurs de terre pour le pouvoir de fermeture en court-circuit;
- h) ajout d'un nouveau paragraphe avec des caractéristiques assignées pour la couche de glace;
- i) ajout d'un nouveau paragraphe avec classification du pouvoir d'établissement et de coupure de jeux de barres à vide;
- j) ajout de nouvelles exigences en matière de tenue pour les dispositifs de verrouillage;
- k) modification de la manière de se conformer aux exigences de la distance de sectionnement des sectionneurs;
- l) modification des exigences de conception et de construction des indicateurs de position, en alignant les exigences pour l'indication et la signalisation de position;
- m) modification de la valeur de l'effort de manœuvre;
- n) révision et modification si nécessaire des procédures d'essai et des critères de validation;
- o) modification des exigences relatives à la tension appliquée lors des essais monophasés sur les sectionneurs de terre à fermeture non simultanée;
- p) suppression des exigences non vérifiables;
- q) ajout d'un nouveau paragraphe pour soumettre à l'essai les dispositifs de verrouillage mécanique;
- r) réalisation obligatoire de l'essai aux températures haute et basse si les limites de température pour les conditions de service de l'appareil (définies par le constructeur) sont supérieures à 40 °C ou inférieures à -5 °C, et fourniture d'une procédure d'essai plus détaillée;
- s) réalisation d'essai matériellement possible sur chacune des technologies utilisées, favorisée par la procédure d'essai de vérification du bon fonctionnement de l'indicateur de position;
- t) ajout d'une nouvelle Annexe B intitulée: "Pouvoir d'établissement et de coupure de courant exigé des sectionneurs et des sectionneurs de terre";
- u) ajout d'une nouvelle Annexe C intitulée: "Tolérances sur les grandeurs d'essai pour les essais de type"
- v) ajout d'une nouvelle Annexe E intitulée: "Extension de la validité des essais de type".

Sauf spécification contraire, cette norme doit être lue conjointement à l'IEC 62271-1:2017, à laquelle elle fait référence et qui est applicable. Dans le but de simplifier les indications des exigences correspondantes, la numérotation des articles et des paragraphes, sauf des annexes, est identique à celle utilisée dans l'IEC 62271-1:2017. Les paragraphes complémentaires sont numérotés à partir de 101.

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

FDIS	Rapport de vote
17A/1173/FDIS	17A/1180/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À 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 de cette publication 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.

APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62271 s'applique aux sectionneurs et aux sectionneurs de terre à courant alternatif, conçus pour être installés à l'intérieur et à l'extérieur, pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V et des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Elle s'applique également aux dispositifs de manœuvre de ces sectionneurs et sectionneurs de terre et à leurs équipements auxiliaires.

Des exigences complémentaires pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre intégrés dans l'appareillage sous enveloppe sont données dans l'IEC 62271-200, l'IEC 62271-201 et l'IEC 62271-203.

NOTE Les sectionneurs dont le fusible fait partie intégrante ne sont pas couverts par la présente norme.

Le présent document s'applique également aux appareils de connexion comportant, en plus d'autres fonctions, des fonctionnalités de déconnexion et/ou de mise à la terre, par exemple un sectionneur de terre haute vitesse, un disjoncteur ou un interrupteur-sectionneur.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

IEC 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

IEC 60050-471, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 471: Isolateurs*

IEC 60050-614, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 614: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

IEC 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

IEC 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

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

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60865-1, *Courants de court-circuit – Calcul des effets – Partie 1: Définitions et méthodes de calcul*

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

IEC 62271-100:2008/AMD1:2012

IEC 62271-100:2008/AMD2:2017

IEC 62271-101:2012, *Appareillage à haute tension – Partie 101: Essais synthétiques*
IEC 62271-101:2012/AMD1:2017

IEC 62271-200:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante solide pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-203:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

IEC/TR 62271-305, *Appareillage à haute tension – Partie 305: Capacitive current switching capability of air-insulated disconnectors for rated voltages above 52 kV (disponible en anglais seulement)*

ISO 2768-1, *Tolérances générales – Partie 1: Tolérances pour dimensions linéaires et angulaires non affectées de tolérances individuelles*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-151, l'IEC 60050-441, l'IEC 60050-471, l'IEC 60050-614, 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>

3.1 Termes et définitions généraux

3.1.101

appareillage pour l'intérieur

appareillage qui n'est conçu que pour être installé à l'intérieur d'un bâtiment ou d'un autre abri, dans lequel l'appareillage est protégé contre le vent, la pluie, la neige, les pollutions anormales, la condensation anormale, la glace et le givre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-04]

3.1.102**appareillage pour l'extérieur**

appareillage convenant pour l'installation en plein air, c'est-à-dire capable de supporter le vent, la pluie, la neige, les pollutions, la condensation, la glace et le givre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-11-05]

3.1.103**utilisateur**

personne ou entité légale utilisant des sectionneurs ou des sectionneurs de terre

Note 1 à l'article: Il peut être l'acheteur (par exemple un distributeur d'électricité), mais peut également être la société contractante, le personnel chargé du montage, le personnel chargé de la maintenance ou de l'exploitation ou toute autre personne qui peut être, d'une manière occasionnelle ou permanente, responsable du sectionneur, du sectionneur de terre, de l'installation électrique, voire de la manœuvre de l'appareillage.

3.2 Ensembles de l'appareillage**3.2.1****objet d'essai**

matériel nécessaire pour représenter le spécimen pour un essai de type particulier

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.2.1, modifié – "appareillage" remplacé par "spécimen"]

3.3 Parties d'ensembles

Les dispositions de 3.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'appliquent.

3.4 Appareils de connexion**3.4.101****sectionneur**

appareil mécanique de connexion qui assure, en position d'ouverture, une distance de sectionnement satisfaisant à des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Un sectionneur est capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsqu'un courant d'intensité négligeable est interrompu ou établi, ou bien lorsqu'il ne se produit aucun changement notable de la tension aux bornes de chacun des pôles du sectionneur. Il est aussi capable de supporter des courants dans les conditions normales du circuit et de supporter des courants pendant une durée spécifiée dans des conditions anormales telles que celles du court-circuit.

Note 2 à l'article: Le terme "intensité négligeable" est relatif aux courants tels que les courants capacitifs des traversées, des jeux de barres, des connexions, des très courtes longueurs de câbles, aux courants des impédances de répartition des disjoncteurs connectées en permanence et aux courants des transformateurs et des diviseurs de tension (voir également l'IEC/TR 62271-305). Pour $U_r \leq 420$ kV, une intensité ne dépassant pas 0,5 A est considérée comme une intensité négligeable pour l'application de cette définition; pour $U_r > 420$ kV et les intensités supérieures à 0,5 A, il convient de consulter le constructeur. L'expression "pas de variation notable de la tension" vise les applications comme le pontage des régulateurs de tension inductifs ou des disjoncteurs et le transfert de barres.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-05, modifié – Ajout d'une Note 2 à l'article]

3.4.102**sectionneur à éléments séparés****sectionneur de terre à éléments séparés**

sectionneur (ou sectionneur de terre) dont les contacts fixes et mobiles de chaque pôle ne sont pas supportés par une embase ou un châssis communs

Note 1 à l'article: Un exemple caractéristique est le sectionneur (ou sectionneur de terre) pantographe ou semi-pantographe.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-06 et -07, modifié – Le terme "sectionneur de terre" est complété par "à éléments séparés" et le terme "sectionneur" est remplacé par

"sectionneur de terre" dans la Note 1 à l'article, le cas échéant; Suppression de la Note 2 à l'article.]

3.4.103

sectionneur à coupure centrale

sectionneur dans lequel les deux contacts de chaque pôle sont mobiles et se réunissent en un point sensiblement à mi-chemin des colonnes supports

Note 1 à l'article: Ce terme ne concerne que les sectionneurs à haute tension.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-08]

3.4.104

sectionneur à double coupure

sectionneur qui ouvre un circuit en deux points

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-09]

3.4.105

sectionneur équipé de résistances

sectionneur équipé de résistance en série ou en parallèle aux contacts de commutation, afin d'atténuer la surtension transitoire très rapide (VFTO – *very fast transient overvoltage*) pendant les manœuvres d'ouverture et de fermeture dans l'appareillage sous enveloppe métallique, à isolation gazeuse

3.4.106

sectionneur de terre

appareil mécanique de connexion utilisé pour mettre à la terre des parties d'un circuit, capable de supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales telles que celles du court-circuit, mais non prévu pour supporter du courant dans les conditions normales du circuit

Note 1 à l'article: Un sectionneur de terre peut avoir un pouvoir de fermeture en court-circuit.

Note 2 à l'article: Un sectionneur de terre de $U_r > 52$ kV peut avoir des caractéristiques assignées pour établir, couper et transiter les courants induits.

Note 3 à l'article: Ces appareils peuvent être quelquefois manœuvrés en court-circuit. Les différentes classes de sectionneurs de terre sont liées au nombre de manœuvres de fermeture en court-circuit.

Note 4 à l'article: Dans certains cas, les sectionneurs de terre sont utilisés comme des appareils qui génèrent des défauts.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-14-11, modifié – Ajout des Notes 2, 3 et 4 à l'article]

3.4.107

sectionneur de terre à fonction combinée

sectionneur de terre avec un système de contact commun pour la mise à la terre et au moins une des fonctions suivantes:

- déconnexion;
- établissement et/ou coupure des courants jusqu'au courant de court-circuit

3.4.108

interrupteur-sectionneur

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

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

3.5 Parties d'appareils de connexion

3.5.101

pôle d'un appareil de connexion

élément constituant d'un appareil de connexion associé exclusivement à un chemin conducteur électriquement séparé appartenant à son circuit principal, cet élément ne comprenant pas les éléments constitutifs assurant la fixation et le fonctionnement d'ensemble de tous les pôles

Note 1 à l'article: Un appareil de connexion est appelé unipolaire s'il n'a qu'un pôle. S'il a plus d'un pôle, il peut être appelé multipolaire (bipolaire, tripolaire, etc.) à condition que les pôles soient ou puissent être liés entre eux de façon qu'ils fonctionnent ensemble.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-01]

3.5.102

circuit principal

<d'un appareil de connexion> ensemble de pièces conductrices d'un appareil de connexion insérées dans le circuit qu'il a pour fonction de fermer ou d'ouvrir

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-02]

3.5.103

contact

<d'un appareil de connexion> pièces conductrices destinées à établir la continuité d'un circuit lorsqu'elles se touchent et qui, par leur mouvement relatif pendant la manœuvre, ouvrent et ferment un circuit ou, dans le cas de contacts pivotants ou glissants, maintiennent la continuité du circuit

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-05]

3.5.104

contact principal

contact inséré dans le circuit principal d'un appareil mécanique de connexion, prévu pour supporter, dans la position de fermeture, le courant du circuit principal

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-07]

3.5.105

contact de commande

contact inséré dans un circuit de commande d'un appareil mécanique de connexion et manœuvré mécaniquement par cet appareil

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-09]

3.5.106

contact à fermeture

contact "a"

contact de commande ou auxiliaire qui est fermé lorsque les contacts principaux de l'appareil mécanique de connexion sont fermés et qui est ouvert lorsque ces contacts sont ouverts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-12]

3.5.107

contact à ouverture

contact "b"

contact de commande ou auxiliaire qui est ouvert lorsque les contacts principaux de l'appareil mécanique de connexion sont fermés et qui est fermé lorsque ces contacts sont ouverts

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-13]

3.5.108

indicateur de position

partie d'un appareil mécanique de connexion qui indique les positions de celui-ci, par exemple: position d'ouverture, position de fermeture, ou, le cas échéant, position de mise à la terre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-15-25]

3.5.109

dispositif de signalisation de position

partie d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre qui utilise une énergie auxiliaire afin d'indiquer si les contacts du circuit principal sont dans la position d'ouverture ou dans la position de fermeture

3.5.110

borne

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2014, 151-12-12, modifié – la note a été supprimée.]

3.5.111

zone de contact

<pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à éléments séparés> région spatiale des différentes positions que le contact fixe peut prendre pour qu'il puisse s'engager correctement avec le contact mobile

3.5.112

chaîne cinématique de puissance

dispositif de liaison mécanique entre le mécanisme de commande et les contacts mobiles, tous deux inclus

Note 1 à l'article: Se reporter à la Figure 1.

3.5.113

chaîne cinématique de l'indicateur de position

dispositif de liaison mécanique entre les contacts mobiles et l'indicateur (ou les indicateurs) de position, tous deux inclus

3.5.114

chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position

dispositif de liaison mécanique entre les contacts mobiles et le ou les dispositifs de signalisation de position

3.5.115

point de connexion

point le plus en amont (c'est-à-dire le plus proche de la source d'énergie) des parties communes entre les chaînes cinématiques "indicateur de position" ou "dispositif de signalisation de position"

3.5.116

dispositif limiteur de contrainte

dispositif limitant à une valeur spécifiée le couple ou l'effort transmis coté aval du dispositif, indépendamment du couple ou l'effort appliqué coté amont

3.5.117

contrôleur de couple (d'effort)

système surveillant et contrôlant le couple (l'effort) transmis coté aval du dispositif, par rapport à une valeur spécifiée

3.5.118

traversée

dispositif servant à faire passer un ou plusieurs conducteurs à travers une paroi, telle qu'un mur ou une cuve, en isolant le(s) conducteur(s) de cette paroi

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-01, modifiée – Suppression des Notes 1 et 2 à l'article]

3.5.119

source d'énergie

origine de l'énergie libérée ou de l'effort/du couple appliqué à la chaîne cinématique de puissance d'un appareil de connexion lors d'une manœuvre ou à n'importe quelle position stable de l'appareil de connexion

Note 1 à l'article: L'énergie, l'effort ou le couple peut être d'origine humaine, électrique, hydraulique, pneumatique et mécanique, c'est-à-dire les ressorts, les poids, etc. seuls ou associés.

3.6 Fonctionnement

3.6.101

manœuvre

<d'un appareil mécanique de connexion> passage d'un ou de plusieurs contacts mobiles d'une position à une position adjacente

Note 1 à l'article: Par exemple, pour un disjoncteur ce pourra être une manœuvre de fermeture ou une manœuvre d'ouverture.

Note 2 à l'article: Si une distinction est nécessaire, on emploiera les mots manœuvre électrique (par exemple: établissement ou coupure) et manœuvre mécanique (par exemple: fermeture ou ouverture).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-01]

3.6.102

cycle de manœuvres

<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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-02]

3.6.103

manœuvre de fermeture

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre par laquelle on fait passer l'appareil de la position d'ouverture à la position de fermeture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-08]

3.6.104

manœuvre d'ouverture

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre par laquelle on fait passer l'appareil de la position de fermeture à la position d'ouverture

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-09]

3.6.105**manœuvre dépendante manuelle**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre effectuée exclusivement au moyen d'une énergie manuelle directement appliquée, de telle sorte que la vitesse et la force de la manœuvre dépendent de l'action de l'opérateur

Note 1 à l'article: La manœuvre dépendante manuelle peut être effectuée par une manivelle ou un levier (horizontal ou vertical).

Note 2 à l'article: Les appareils de connexion à manœuvre dépendante manuelle ne possèdent aucun pouvoir inhérent d'établissement et de coupure.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-13, modifiée – Ajout des Notes 1 et 2 à l'article]

3.6.106**manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure**

<d'un appareil mécanique de connexion> manœuvre effectuée au moyen d'une énergie autre que manuelle et dont l'achèvement dépend de la continuité de l'alimentation en énergie (de solénoïdes, moteurs électriques ou pneumatiques, etc.)

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-14]

3.6.107**manœuvre à accumulation d'énergie**

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

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

- 1) le mode d'accumulation de l'énergie (ressort, poids, etc.)
- 2) la provenance de l'énergie (manuelle, électrique, etc.);
- 3) le mode de libération de l'énergie (manuel, électrique, etc.).

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-15]

3.6.108**manœuvre indépendante manuelle**

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

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-16]

3.6.109**position de fermeture**

<d'un appareil mécanique de connexion> position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal de l'appareil est assurée

Note 1 à l'article: La continuité prédéterminée signifie que les contacts sont totalement fermés pour supporter les courants continus assignés et les courants de court-circuit assignés, lorsqu'applicable.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-22, modifiée – Ajout d'une Note à l'article]

3.6.110**position d'ouverture**

<d'un appareil mécanique de connexion> position dans laquelle la distance prédéterminée d'isolement entre contacts ouverts est assurée dans le circuit principal de l'appareil

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-23]

3.6.111

point de bascule

point au-delà duquel tout mouvement additionnel du mécanisme de charge provoque la libération de l'énergie stockée

3.6.112

endurance mécanique

<d'un sectionneur ou sectionneur de terre> pouvoir d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre à effectuer un nombre défini de manœuvres sans mise sous tension du circuit ou circulation de courant dans le circuit, dans des conditions de fonctionnement spécifiées

3.7 Grandeurs caractéristiques

3.7.101

valeur de crête du courant établi

<d'un sectionneur de terre> valeur de crête de la première grande alternance du courant dans un pôle du sectionneur de terre pendant la période transitoire qui suit l'instant d'établissement du courant lors d'une manœuvre de fermeture

Note 1 à l'article: Pour un circuit triphasé, lorsqu'une seule valeur (de crête) du courant établi est indiquée, sauf spécification contraire, il s'agit de la plus grande valeur dans n'importe quelle phase.

3.7.102

valeur de crête du courant

valeur de crête de la première grande alternance du courant pendant la période transitoire qui suit son établissement

3.7.103

courant de courte durée admissible

courant qu'un circuit ou un appareil de connexion dans la position de fermeture peut supporter pendant un court intervalle de temps spécifié et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

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

3.7.104

valeur de crête du courant admissible

valeur de crête du courant qu'un circuit ou un appareil de connexion dans la position de fermeture peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-18]

3.7.105

niveau d'isolement

ensemble des tensions de tenue spécifiées qui caractérisent la tenue diélectrique de l'isolation

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-23]

3.7.106

tension de tenue à fréquence industrielle

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolation du matériel considéré peut supporter lors d'essais faits dans des conditions spécifiées et pendant une durée spécifiée

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-22]

3.7.107**tension de tenue aux chocs de foudre**

valeur de crête de la tension de choc de foudre que l'isolation du sectionneur ou du sectionneur de terre tient dans des conditions spécifiées

3.7.108**tension de tenue aux chocs de manœuvre**

valeur de crête de la tension de choc de manœuvre que l'isolation du sectionneur ou du sectionneur de terre tient dans des conditions d'essais spécifiées

3.7.109**isolation externe**

distances dans l'air atmosphérique et sur les surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'air atmosphérique, qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres conditions environnementales provenant du site

Note 1 à l'article: Des exemples de conditions environnementales sont la pollution, l'humidité, les animaux, etc.

Note 2 à l'article: L'isolation externe est soit "protégée contre les intempéries" soit "non protégée contre les intempéries". Elle est conçue en vue d'applications à l'intérieur ou à l'extérieur d'abris fermés respectivement.

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-14-02, modifiée – Ajout d'une Note 2 à l'article]

3.7.110**isolation interne**

distances internes dans l'isolation solide, liquide ou gazeuse des matériels qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-03]

3.7.111**isolation autorégénératrice**

isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes en un intervalle de temps court après une décharge disruptive

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-04]

3.7.112**isolation non autorégénératrice**

isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement, après une décharge disruptive

Note 1 à l'article: Les définitions 3.7.111 et 3.7.112 s'appliquent uniquement lorsque la décharge est provoquée par l'application d'une tension d'essai au cours d'un essai diélectrique. Cependant, des décharges qui se produisent en service peuvent provoquer la perte partielle ou totale des propriétés autorégénératrices de l'isolation originale.

[SOURCE: IEC 60050-614:2016, 614-03-05, modifiée – Ajout d'une Note à l'article]

3.7.113**isolation parallèle**

montage d'isolateurs avec deux éléments en parallèle dans laquelle la distance entre les deux isolateurs pourrait influencer la tenue diélectrique

Note 1 à l'article: Avec des sectionneurs et des sectionneurs de terre dont les bornes sont à l'air libre, l'isolation parallèle est utilisée lorsqu'un isolateur d'entraînement est situé à proximité d'un isolateur support.

3.7.114

décharge disruptive

défaillance de l'isolation sous une contrainte électrique, pendant laquelle la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension appliquée entre les électrodes à une valeur pratiquement nulle

Note 1 à l'article: Des décharges disruptives non entretenues pendant lesquelles l'objet en essai est momentanément court-circuité par une étincelle ou un arc peuvent se produire. Pendant ces événements, la tension aux bornes de l'objet en essai est momentanément réduite à zéro ou à une très faible valeur. Selon les caractéristiques du circuit d'essai et de l'objet en essai, la rigidité diélectrique peut être rétablie et peut même permettre à la tension d'essai d'atteindre une valeur plus élevée. Il convient de considérer un tel événement comme une décharge disruptive sauf spécification contraire du comité d'études concerné.

Note 2 à l'article: Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique; dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée.

[SOURCE: IEC 60060-1:2010, 3.1.1]

3.7.115

distance d'isolement

distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-31]

3.7.116

distance d'isolement entre pôles

distance d'isolement entre n'importe quelles parties conductrices de pôles adjacents

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-32]

3.7.117

distance d'isolement à la terre

distance d'isolement entre n'importe quelle partie conductrice et n'importe quelle partie réunie à la terre ou prévue pour être réunie à la terre

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-33]

3.7.118

distance d'isolement entre contacts ouverts

distance d'isolement totale entre les contacts, ou n'importe quelles parties conductrices qui leur sont reliées, d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion dans la position d'ouverture

Note 1 à l'article: La distance d'isolement totale correspond à la somme des distances d'isolement existant entre les contacts.

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-17-34, modifiée – Ajout d'une Note à l'article]

3.7.119

efforts mécaniques sur les bornes

effort mécanique externe agissant sur chaque borne

Note 1 à l'article: L'effort externe est la résultante des forces mécaniques combinées qui peuvent être appliquées aux bornes de l'appareil de connexion. Les efforts dus au vent sur l'appareil lui-même ne sont pas compris, car ils ne contribuent pas à l'effort externe agissant sur les bornes.

Note 2 à l'article: Un sectionneur ou un sectionneur de terre peut être soumis à plusieurs efforts mécaniques dont les valeurs, la direction et le point d'application peuvent être différents.

Note 3 à l'article: Les efforts mécaniques sur les bornes tels qu'ils sont définis ici ne s'appliquent généralement pas aux appareillages sous enveloppe.

3.7.119.1**effort mécanique statique sur les bornes**

effort mécanique statique sur chaque borne équivalent à la force mécanique à laquelle est soumise cette borne du sectionneur ou du sectionneur de terre du fait du conducteur souple ou rigide connecté à cette borne

Note 1 à l'article: L'effort mécanique statique sur les bornes inclut les efforts dus à la glace, au vent et aux conducteurs connectés.

3.7.119.2**effort mécanique dynamique assigné sur les bornes**

combinaison des efforts mécaniques statiques sur chaque borne avec les efforts électromagnétiques en régime de court-circuit

3.7.120**transfert de barres**

ouverture et fermeture de sectionneurs en charge quand cette charge n'est pas interrompue, mais qu'elle est transférée d'une barre vers une barre parallèle

3.7.121**courant de transfert de barres**

courant qui circule lorsqu'une charge est transférée d'un jeu de barres vers un autre

3.7.122**tension de transfert de barres**

tension à fréquence industrielle entre bornes du sectionneur ouvert après interruption, ou avant établissement, du courant de transfert de barres

3.7.123**coupure de courant induit**

établissement ou coupure de courants capacitifs ou inductifs par un sectionneur de terre, par lequel les courants sont induits dans un système isolé ou à la terre par des lignes ou câbles adjacents sous tension

Note 1 à l'article: Quand deux lignes de transport ou plus sont montées ensemble, de l'énergie est induite par couplage électrostatique et/ou électromagnétique d'un système sous tension vers un système hors tension en provoquant des courants inductifs ou capacitifs qui circulent dans ce dernier système. La nature de ces courants dépend de la mise à la terre du système, à une extrémité seulement ou aux deux extrémités

3.7.124**courant d'induction électromagnétique**

<sur un sectionneur de terre> courant inductif qui circule à travers un sectionneur de terre lorsqu'il connecte et déconnecte de la terre une extrémité d'une ligne de transport hors tension, l'autre extrémité étant reliée à la terre, et une ligne de courant sous tension étant en parallèle et à proximité de la ligne reliée à la terre

Note 1 à l'article: Le courant inductif dans une ligne hors tension reliée à la terre aux deux extrémités dépend du courant de la ligne sous tension et du coefficient de couplage avec la ligne sous tension, tel qu'il est déterminé par la configuration du circuit.

3.7.125**courant d'induction électrostatique**

<sur un sectionneur de terre> courant capacitif qui circule à travers un sectionneur de terre lorsqu'il connecte et déconnecte de la terre une extrémité d'une ligne de transport hors tension, l'autre extrémité étant ouverte, et une ligne sous tension étant en parallèle et à proximité de la ligne reliée à la terre

Note 1 à l'article: Le courant capacitif dans une ligne hors tension reliée à la terre à une extrémité dépend de la tension de la ligne sous tension, du coefficient de couplage avec la ligne sous tension, tel qu'il est déterminé par la configuration du circuit, et de la longueur de la ligne reliée à la terre entre l'extrémité reliée à la terre et l'extrémité ouverte.

3.7.126

établissement-coupure de courant de jeux de barres à vide

établissement ou coupure de courant de jeux de barres à vide par un sectionneur

3.7.127

courant de jeux de barres à vide

courant capacitif qui circule lorsqu'une portion isolée d'un jeu de barres est mise sous tension ou hors tension

3.7.128

tension transitoire à la terre

U_{TVE}

tension phase-terre apparaissant au premier préamorçage pendant une manœuvre de fermeture d'un sectionneur

3.7.129

pression de remplissage pour l'isolement et/ou la coupure

masse volumique de remplissage pour l'isolement et/ou la coupure

pression (en Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle le compartiment est rempli avant la mise en service, ou rempli de nouveau automatiquement

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.6.5.1]

3.7.130

pression minimale de fonctionnement pour l'isolement et/ou la coupure

masse volumique minimale de fonctionnement pour l'isolement et/ou la coupure

pression (en Pa), pour l'isolement et/ou la coupure, rapportée aux conditions atmosphériques normales de +20 °C et de 101,3 kPa (ou masse volumique), pouvant être exprimée de façon relative ou absolue, à laquelle et au-dessus de laquelle les caractéristiques assignées de l'appareillage sont conservées, et à laquelle un complément de remplissage devient nécessaire

[SOURCE: IEC 62271-1:2017, 3.6.5.5]

3.8 Liste des définitions

A – B

contact à fermeture.....	3.5.106
contact à ouverture.....	3.5.107
Courant de jeux de barres à vide.....	3.7.127
Établissement-coupure de courant de jeux de barres à vide.....	3.7.126
Traversée.....	3.5.118
Courant de transfert de barres.....	3.7.121
Coupure de courant de transfert de barres.....	3.7.120
Tension de transfert de barres.....	3.7.122

C

Sectionneur à coupure centrale.....	3.4.103
Distance d'isolement.....	3.7.115
Distance d'isolement entre contacts ouverts.....	3.7.118
Distance d'isolement entre pôles.....	3.7.116

Distance d'isolement à la terre	3.7.117
Position de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.109
Manœuvre de fermeture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.103
Sectionneur de terre à fonction combinée	3.4.107
Point de connexion	3.5.115
Contact (d'un appareil de connexion)	3.5.103
Zone de contact (pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à éléments séparés)	3.5.111
Contact de commande	3.5.105

D

Manœuvre dépendante manuelle (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.105
Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.106
Sectionneur	3.4.101
Décharge disruptive	3.7.114
Sectionneur à éléments séparés	3.4.102
Sectionneur de terre à éléments séparés	3.4.102
Sectionneur à double coupure	3.4.104
Effort mécanique dynamique assigné sur les bornes	3.7.119.2

E

Sectionneur de terre	3.4.106
Courant d'induction électromagnétique (sur un sectionneur de terre)	3.7.124
Courant d'induction électrostatique (sur un sectionneur de terre)	3.7.125
Isolation externe	3.7.109

I

Manœuvre indépendante manuelle (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.108
Appareillage pour l'intérieur	3.1.101
Coupure de courant induit	3.7.123
Niveau d'isolement	3.7.105
Isolation interne	3.7.110

L – N

Tension de tenue aux chocs de foudre	3.7.107
Circuit principal (d'un appareil de connexion)	3.5.102
Contact principal	3.5.104
Endurance mécanique d'un sectionneur (ou sectionneur de terre)	3.6.112
Efforts mécaniques sur les bornes	3.7.119
Masse volumique minimale de fonctionnement pour l'isolement	3.7.130
Pression minimale de fonctionnement pour l'isolement	3.7.130
Isolation non autorégénératrice	3.7.112

O

Position d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.110
Manœuvre d'ouverture (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.104
Manœuvre (d'un appareil mécanique de connexion)	3.6.101
Cycle de manœuvres (d'un appareil mécanique de connexion).....	3.6.102
Appareillage pour l'extérieur.....	3.1.102

P

Isolation parallèle	3.7.113
Valeur de crête du courant	3.7.102
Valeur de crête du courant établi (d'un sectionneur de terre)	3.7.101
Valeur de crête du courant admissible	3.7.104
Pôle d'un appareil de connexion	3.5.101
Indicateur de position.....	3.5.108
Chaîne cinématique de l'indicateur de position.....	3.5.113
Dispositif de signalisation de position	3.5.109
Chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position	3.5.114
Tension de tenue à fréquence industrielle	3.7.106
Chaîne cinématique de puissance	3.5.112

R – U

Masse volumique assignée de remplissage pour l'isolement	3.7.129
Pression assignée de remplissage pour l'isolement	3.7.129
Sectionneur équipé de résistances	3.4.105
Isolation autorégénératrice.....	3.7.111
Courant de courte durée admissible.....	3.7.103
Source d'énergie	3.5.119
Effort mécanique statique sur les bornes	3.7.119.1
Manœuvre à accumulation d'énergie (d'un appareil mécanique de connexion).....	3.6.107
Dispositif limiteur de contrainte	3.5.116
Interrupteur-sectionneur.....	3.4.108
Tension de tenue aux chocs de manœuvre	3.7.108
Borne.....	3.5.110
Objet d'essai	3.2.1
Point de bascule.....	3.6.111
Contrôleur de couple (d'effort).....	3.5.117
Tension transitoire à la terre	3.7.128
Utilisateur.....	3.1.103

4 Conditions normales et spéciales de service

L'Article 4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

L'Article 5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique au sectionneur ou au sectionneur de terre, y compris leurs dispositifs de manœuvre et équipements auxiliaires. La liste des caractéristiques assignées est complétée par les points suivants:

- k) courant établi assigné en court-circuit (seulement pour les sectionneurs de terre);
- l) zone de contact assignée;
- m) effort mécanique statique assigné sur les bornes;
- n) couche de glace assignée;
- o) valeurs assignées du pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres (pour les sectionneurs uniquement);
- p) valeurs assignées du pouvoir de coupure de courant induit (pour les sectionneurs de terre uniquement);
- q) valeurs assignées du pouvoir d'établissement et de coupure de courant de jeux de barres à vide (pour les sectionneurs uniquement).

Les classes suivantes peuvent être assignées en plus des tensions assignées indiquées ci-dessus:

- r) classe de pouvoir de fermeture en court-circuit (pour les sectionneurs de terre uniquement);
- s) classe d'endurance mécanique;
- t) classe de coupure de courant induit (pour les sectionneurs de terre uniquement);
- u) classe d'établissement et de coupure de courant de jeux de barres à vide (pour les sectionneurs uniquement).

Les sectionneurs ou les sectionneurs de terre classés pour plusieurs pouvoirs d'établissement et de coupure peuvent indiquer leur classe réelle par la combinaison de leurs désignations de classe. Par exemple, un sectionneur de terre dont le pouvoir de fermeture en court-circuit est de classe E1 et le pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit est de classe B peut être classé dans la classe B+E1.

Les caractéristiques assignées pour les pouvoirs de fermeture et de coupure ne peuvent pas être attribuées aux sectionneurs et sectionneurs de terre à manœuvre dépendante manuelle uniquement.

Dans le cas des sectionneurs et des sectionneurs de terre à manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure et à manœuvre dépendante manuelle, aucun pouvoir de fermeture et de coupure n'est valide pour la manœuvre dépendante manuelle.

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 avec l'ajout suivant:

Pour les sectionneurs ayant une tension assignée supérieure à 52 kV et les sectionneurs ayant une distance de sectionnement parallèle à la base du sectionneur, équipés de sectionneurs de terre associés, le niveau d'isolement entre les parties mobiles du sectionneur de terre et les parties actives opposées, pendant la manœuvre du sectionneur de terre, doit

correspondre au moins à la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle (spécifiée en 7.2.6) pour le plus petit intervalle de sectionnement entre elles.

Si des règles de sécurité nationales spécifient des valeurs de tenue plus élevées pour les sectionneurs de terre à commande uniquement manuelle, cela doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

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. Ce paragraphe ne s'applique qu'aux sectionneurs.

5.6 Courant de courte durée admissible assigné (I_k)

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

Il peut être attribué à un sectionneur de terre une valeur assignée différente de la valeur assignée du circuit principal associé (le cas échéant).

Il peut être attribué à un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée une valeur assignée différente de la valeur assignée de son circuit principal.

5.7 Valeur de crête du courant admissible assignée (I_p)

Le paragraphe 5.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

Il peut être attribué à un sectionneur de terre une valeur assignée différente de la valeur assignée du circuit principal associé (le cas échéant).

Il peut être attribué à un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée une valeur assignée différente de la valeur assignée de son circuit principal.

5.8 Durée de court-circuit assignée (t_k)

Le paragraphe 5.8 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Il peut être attribué à un sectionneur de terre une valeur assignée différente de la valeur assignée du circuit principal associé (le cas échéant).

Il peut être attribué à un sectionneur de terre formant une partie intégrante d'un sectionneur de terre à fonction combinée une valeur assignée différente de la valeur assignée de son circuit principal.

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 l'ajout suivant:

5.11.101 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour l'isolement et/ou la coupure

Les limites de pression doivent être fournies par le constructeur.

5.11.102 Pression d'alimentation assignée en gaz comprimé pour la manœuvre

Alimentation pneumatique ou hydraulique extérieure:

Sauf spécification contraire du constructeur, les limites de la pression de fonctionnement sont 85 % et 110 % de la pression assignée.

5.101 Courant établi assigné en court-circuit (I_{ma})

Le courant établi assigné en court-circuit ne s'applique qu'aux sectionneurs de terre de classes E1 et E2. Il doit être égal à la valeur de crête du courant admissible assignée.

Le paragraphe 5.102 donne une classification des sectionneurs de terre pour leur pouvoir de fermeture en court-circuit.

5.102 Classification des sectionneurs de terre pour le pouvoir de fermeture en court-circuit

Le pouvoir de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre de réaliser un nombre défini de manœuvres de fermeture en court-circuit sans maintenance majeure doit correspondre à l'une des classes données au Tableau 1.

NOTE Le nombre plus important de manœuvres de fermeture de classe E2 est généralement associé à des tensions jusqu'à et y compris 52 kV selon les conditions de manœuvre et les systèmes de protection de ces réseaux.

Tableau 1 – Classification des sectionneurs de terre pour la fermeture en court-circuit

Classe	Type de sectionneur de terre
E0	Sectionneur de terre sans pouvoir de fermeture en court-circuit
E1	Sectionneur de terre avec le pouvoir de réaliser deux manœuvres de fermeture en court-circuit
E2	Sectionneur de terre avec le pouvoir de réaliser cinq manœuvres de fermeture en court-circuit

5.103 Zone de contact assignée

Dans le cas des sectionneurs à éléments séparés et des sectionneurs de terre à éléments séparés, le constructeur doit indiquer les valeurs assignées de la zone de contact (représentées par x_r , y_r et z_r). Les valeurs préférentielles sont données dans le Tableau 2 et le Tableau 3. Les valeurs assignées doivent être spécifiées par le constructeur. Cela s'applique également pour un déplacement angulaire tolérable du contact fixe.

Tableau 2 – Zones de contact préférentielles pour les contacts "fixes" supportés par des conducteurs souples

Tension assignée U_r kV	x mm	y mm	z_1 mm	z_2 mm
72,5 – 100	100	300	200	300
123 – 145		350		
170		400		
245	200	500	250	450
300			300	
362				500
420		400		
550				
800	250	650	450	550
1 100 – 1 200	300	700	500	600

x = amplitude totale du mouvement longitudinal du conducteur support (température).

y = déviation horizontale totale (perpendiculaire au conducteur support) (vent).

z = déviation verticale (température et glace).

NOTE z_1 sont des valeurs pour les portées courtes, z_2 sont des valeurs pour les portées longues des conducteurs souples sur lesquels les contacts fixes sont montés.

Tableau 3 – Zones de contact préférentielles pour les contacts "fixes" supportés par des conducteurs rigides

Tension assignée U_r kV	x mm	y mm	z mm
72,5 – 100 – 123 – 145	100	100	100
170 – 245 – 300 – 362 – 420	150	150	150
550	175	175	175
800	200	200	200
1 100 – 1 200	250	250	250
x = amplitude totale du mouvement longitudinal du conducteur support (température). y = déviation horizontale totale (perpendiculaire au conducteur support) (vent). z = déviation verticale (glace).			

5.104 Effort mécanique statique assigné sur les bornes

Lorsque les sectionneurs ou les sectionneurs de terre sont destinés à être raccordés directement aux lignes, c'est-à-dire aux conducteurs souples ou rigides, l'effort mécanique statique assigné sur les bornes doit être assigné à chaque borne, en indiquant les directions d'application.

L'effort mécanique statique maximal auquel une borne d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre est susceptible d'être soumise dans les conditions les plus défavorables correspond à l'effort mécanique statique assigné sur les bornes.

Des valeurs préférentielles d'efforts mécaniques statiques sur les bornes sont données au Tableau 4. Ces valeurs sont destinées à servir de guide.

Tableau 4 – Efforts mécaniques statiques préférentiels sur les bornes

Tension assignée U_r kV	Courant permanent assigné I_r A	Sectionneurs ou sectionneurs de terre à deux et à trois colonnes		Sectionneurs ou sectionneurs de terre à éléments séparés		Force verticale F_c^a N
		Effort longitudinal F_{a1} et F_{a2}	Effort transversal F_{b1} et F_{b2}	Effort longitudinal F_{a1} et F_{a2}	Effort transversal F_{b1} et F_{b2}	
		Voir Figure 9		Voir Figure 8		
		N	N	N	N	
72,5	≤ 1 600	400	130	800	200	500
	> 1 600	500	170	800	200	
100 – 123 – 145	≤ 1 600	500	170	800	200	1 000
	> 1 600	600	200	1 000	300	
170	≤ 1 600	600	200	1 000	300	
	> 1 600	800	250	1 250	400	
245	≤ 2 500	800	270	1 250	400	1 250
	> 2 500	1 000	330	1 600	500	
300 – 362	≤ 2 500	1 000	400	1 600	500	1 500
	> 2 500	1 500	500	1 800	600	
420	≤ 3 150	1 600	530	2 000	800	1 500
	> 3 150	2 000	660	4 000	1 600	
550	≤ 3 150	1 600	530	2 000	800	1 500
	> 3 150	2 000	660	4 000	1 600	
800	≤ 3 150	1 600	530	2 000	800	1 500
	> 3 150	2 000	660	4 000	1 600	
1 100 – 1 200	≤ 4 000	2 000	660	4 000	1 600	2 000
	> 4 000	2 500	1 000	5 000	2 000	

^a F_c simule les forces dirigées vers le bas dues au poids des conducteurs de connexion. F_c ne s'applique pas aux conducteurs souples.

NOTE L'effort mécanique statique sur les bornes inclut les efforts dus à la glace, au vent et aux conducteurs connectés.

5.105 Classification des sectionneurs pour l'endurance mécanique

L'endurance mécanique des sectionneurs doit correspondre à l'une des classes données au Tableau 5. Les manœuvres sont exécutées en tenant compte d'un programme de maintenance défini par le constructeur.

Tableau 5 – Classification des sectionneurs pour l'endurance mécanique

Classe	Nombre de cycles de manœuvres	Endurance mécanique
M0	1 000	Normale
M1	2 000	Accrue
M2	10 000	Accrue

5.106 Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique

L'endurance mécanique des sectionneurs de terre doit correspondre à l'une des classes données au Tableau 6. Les manœuvres sont exécutées en tenant compte d'un programme de maintenance défini par le constructeur.

Tableau 6 – Classification des sectionneurs de terre pour l'endurance mécanique

Classe	Nombre de cycles de manœuvres	Endurance mécanique
M0	1 000	Normale
M1	2 000	Accrue

5.107 Couche de glace assignée

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre capables de fonctionner dans des conditions de glace, une couche de glace assignée doit être attribuée par le constructeur.

Les valeurs assignées préférentielles de la couche de glace sont: 1 mm, 10 mm et 20 mm.

5.108 Valeurs assignées des sectionneurs pour l'établissement-coupure de courant de transfert de barres

5.108.1 Courant assigné de transfert de barres

Le courant assigné de transfert de barres des sectionneurs utilisés dans les installations à isolement dans l'air ou à isolation gazeuse est:

- pour $52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$, 80 % du courant permanent assigné du sectionneur, mais limité à 1 600 A;
- pour $245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$, 60 % du courant permanent assigné du sectionneur, mais limité à 4 000 A;
- pour $U_r > 550 \text{ kV}$, 80 % du courant permanent assigné du sectionneur, mais limité à 4 000 A.

Des valeurs de courant assigné de transfert de barres supérieures à celles spécifiées ci-dessus peuvent être attribuées par le constructeur.

NOTE 1 Les sectionneurs de $U_r \leq 52 \text{ kV}$ peuvent aussi avoir un pouvoir d'établissement et de coupure de transfert de barres. Dans ce cas, la vérification des performances se fait sur la base d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE 2 Pour de plus amples informations, se reporter aux éléments suivants: pour les informations concernant 60 % et 80 %, se reporter au CIGRE TB 570 – 2014 [1]¹ et au troisième rapport SC A3 du CIGRE présenté à Paris (FR) en 2016, et pour les informations concernant les courants de 4 000 A, se reporter au colloque SC A3 et B3 du CIGRE organisé à Nagoya (JP), document n°212, 2015.

5.108.2 Tension assignée de transfert de barres

Les tensions assignées de transfert de barres sont données au Tableau 7. Des valeurs de tension de transfert de barres différentes de celles données dans le Tableau 7 ci-dessous peuvent être attribuées par le constructeur.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Tableau 7 – Tensions assignées de transfert de barres des sectionneurs

Courant permanent assigné I_r A	Tension assignée U_r			Tension assignée U_r		
	$52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$	$U_r > 550 \text{ kV}$	$52 \text{ kV} < U_r < 245 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} \leq U_r \leq 550 \text{ kV}$	$U_r > 550 \text{ kV}$
	Installations à isolation gazeuse V (valeur efficace)			Installations à isolement dans l'air V (valeur efficace)		
2 000	10	15	20	100	175	250
2 500					220	310
3.150		20	30		275	390
4 000		25	42		350	500
5 000					435	625
6.300		35			550	
8.000					580	
NOTE Les valeurs du tableau sont fondées sur des calculs d'un courant de transfert de barres correspondant au courant permanent assigné du sectionneur, prenant en compte les longueurs et impédances caractéristiques des boucles spécifiées à l'Annexe B.						

5.109 Classification et valeurs assignées des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit

Des valeurs de courant assigné d'induction et de tension assignée d'induction doivent être attribuées aux sectionneurs de terre de $U_r > 52 \text{ kV}$ destinés à l'établissement ou à la coupure de courants d'induction capacitifs ou inductifs (voir 3.7.124 et 3.7.125), exigeant par conséquent un pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit.

Pour cette application, une classification (pour l'attribution de la classe A ou B) des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit doit être effectuée. Cette classification dépend de la sévérité des conditions d'utilisation du courant induit. Le Tableau 8 fournit une classification des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit.

Tableau 8 – Classification des sectionneurs de terre pour la coupure de courant induit

Classe	Type de sectionneur de terre
A	Sectionneur de terre conçu pour une utilisation sur des portions de lignes relativement courtes ou ayant de faibles coefficients de couplage avec les lignes adjacentes sous tension
B	Sectionneur de terre conçu pour une utilisation sur des portions de lignes relativement longues ou ayant de forts coefficients de couplage avec les lignes adjacentes sous tension

Le Tableau 9 fournit les valeurs de courant assigné d'induction et de tension assignée d'induction pour les deux classes de sectionneurs de terre. Ces valeurs représentent les pouvoirs maximums de coupure pour chaque tension assignée.

Tableau 9 – Valeurs des courants assignés d'induction et des tensions assignées d'induction

Tension assignée U_r kV	Couplage électromagnétique				Couplage électrostatique								
	Courant assigné d'induction A (valeur efficace)		Tension assignée d'induction kV (valeur efficace)		Courant assigné d'induction A (valeur efficace)		Tension assignée d'induction kV (valeur efficace)						
	Classe		Classe		Classe		Classe						
	A	B	A	B	A	B	A	B					
72,5	50	80	0,5	2	0,4	2	3	6					
100													
123			1						3	9			
145													
170			80			160		1,4	10	1,25	10	5	12
245													
300	2	20		2	25		8	25					
362													
420	110	440		5	65		7,5	50		20	40		
550													
800													
1 100													
1 200													

NOTE 1 Dans certains cas (très longues sections de lignes à la terre à proximité d'une ligne sous tension; charge très élevée de la ligne sous tension; ligne sous tension de tension de service plus élevée que la ligne à la terre, etc.), les courants induits et les tensions induites peuvent dépasser les valeurs assignées. Dans ces cas, les valeurs assignées font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les tensions assignées d'induction sont des tensions entre phase et terre, pour des essais unipolaires ou tripolaires (voir 7.107.5).

5.110 Classification et valeurs assignées des sectionneurs pour l'établissement-coupe de courant de jeux de barres à vide

Les sectionneurs faisant partie de l'appareillage à isolation gazeuse de $U_r \geq 300$ kV doivent être classés pour leur pouvoir d'établissement-coupe de courant de jeux de barres à vide. En général les essais pour les sectionneurs de $U_r < 300$ kV ne sont pas nécessaires et font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Dans ce cas, pour $52 \text{ kV} < U_r < 300 \text{ kV}$, l'essai de classification de BCS est facultatif.

NOTE Le pouvoir d'établissement et de coupe de jeux de barres à vide pour les sectionneurs à isolement dans l'air fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur (se reporter à l'IEC/TR 62271-305).

Quatre classes sont identifiées en fonction de l'application. Voir le Tableau 10 qui indique également les séquences d'essai associées.

Tableau 10 – Classification des sectionneurs pour établissement-coupure de jeux de barres à vide

Classe	Application	Séquences d'essai associées (voir 7.108.2)
BCS	Mise en et hors circuit de très courts tronçons de jeux de barres de circuits ouverts	TD ₁
BCB	Classe BCS + mise en et hors circuit de condensateurs en parallèle associés à des disjoncteurs, en opposition de phase à 180° des circuits ouverts	TD ₁ & TD ₂
BCL	Classe BCS + mise en et hors circuit de très longs tronçons de jeux de barres de circuits ouverts	TD ₁ & TD ₃
BCT	Classe BCS + classe BCB + classe BCL	TD ₁ , TD ₂ & TD ₃

Le courant de jeux de barres à vide assigné n'est associé qu'aux sectionneurs de classe BCL ou BCT. Aucun courant de jeux de barres à vide assigné ne peut être attribué aux séquences d'essai TD₁ et TD₂, puisqu'elles dépendent de la conception, de la construction physique de l'installation et de la tension assignée. Les valeurs normalisées de cette caractéristique assignée sont données au Tableau 11. Ces valeurs sont seulement associées à la mise hors tension de longs tronçons de jeux de barres conformément à la séquence d'essai 3 indiquée en 7.108.2. Pour de plus amples informations, se reporter à l'Annexe B.

Tableau 11 – Valeurs normalisées des courants de jeux de barres à vide assignés

Tension assignée U_r kV (valeur efficace)	72,5	100	123	145	170	245	300	362	420	550	800	1 100	1 200
Courant de jeux de barres à vide assigné A (valeur efficace)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0
NOTE En pratique, ces valeurs ne sont généralement pas dépassées. Elles s'appliquent aussi bien à 50 Hz qu'à 60 Hz. Lorsqu'en pratique les valeurs sont plus élevées, d'autres valeurs d'essai sont pris en considération selon accord entre le constructeur et l'utilisateur.													

6 Conception et construction

6.1 Exigences pour les liquides utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre

Le paragraphe 6.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

6.2 Exigences pour les gaz utilisés dans les sectionneurs et les sectionneurs de terre

Le paragraphe 6.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

NOTE En général, le terme "gaz" associé à l'isolation et/ou à la manœuvre utilisé dans le présent document renvoie au SF₆ (hexafluorure de soufre). Cependant les principes mentionnés peuvent être aussi utilisés pour d'autres gaz.

6.3 Raccordement à la terre des sectionneurs et sectionneurs de terre

Le paragraphe 6.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants.

Pour les sectionneurs et sectionneurs de terre utilisés dans les ensembles d'appareillages sous enveloppe, le paragraphe 5.3 de l'IEC 62271-200:2011, de l'IEC 62271-201:2014 ou de l'IEC 62271-203:2011 s'applique (suivant le cas).

Les enveloppes métalliques et les mécanismes de commande qui ne font pas partie intégrante de la structure métallique du sectionneur ou du sectionneur de terre et qui ne sont pas connectés électriquement à cette structure doivent être équipés d'une borne de mise à la terre marquée du symbole de la terre de protection.

S'il existe, pour des raisons d'essais post-installation (par exemple, les essais des câbles ou le mesurage de la résistance du contact), une connexion amovible pour la mise à la terre du circuit principal à travers le sectionneur de terre, cette connexion doit être capable de supporter la valeur de crête du courant admissible assignée ou le courant de courte durée admissible assigné. Le niveau d'isolement correspondant (en courant continu et en courant alternatif) de cette connexion extérieure – lorsqu'elle est démontée – doit être précisé par le constructeur.

6.4 Équipements et circuits auxiliaires et de commande

Le paragraphe 6.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

Se reporter également au 6.104 du présent document.

6.5 Manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure

Le paragraphe 6.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants.

Dans le cas des sectionneurs et des sectionneurs de terre à la fois à manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure et à manœuvre dépendante manuelle, l'absence de pouvoir de fermeture et de coupure, lorsqu'ils fonctionnent à manœuvre manuelle, doit être clairement mentionnée dans le manuel d'instructions et près du point de manœuvre manuelle.

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre équipés d'un dispositif de manœuvre hydraulique ou pneumatique doivent être capables de se fermer ou de s'ouvrir lorsque la pression d'alimentation est comprise entre la pression minimale et la pression maximale d'alimentation spécifiées (se reporter à 5.11.102).

Voir aussi 6.105 pour les efforts maximums de manœuvre manuelle.

6.6 Manœuvre à accumulation d'énergie

Le paragraphe 6.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

Voir aussi 6.105 pour les efforts (d'accumulation d'énergie) maximums de manœuvre manuelle.

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

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

Voir aussi 6.105 pour les efforts (d'accumulation d'énergie) maximums de manœuvre manuelle.

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

Le paragraphe 6.11 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

- Les sectionneurs, les sectionneurs de terre et leurs dispositifs de manœuvre, qui sont destinés à être:
 - utilisés de façon autonome ou qui peuvent être intégrés comme composants de l'appareillage, doivent être équipés de plaques signalétiques contenant les renseignements donnés au Tableau 12;
 - intégrés dans une famille particulière d'appareillage doivent porter sur leur(s) plaque(s) signalétique(s) et/ou intégrer dans le manuel d'instructions du constructeur les renseignements donnés au Tableau 12.

Tableau 12 – Informations sur le produit (1 de 2)

Informations à porter sur la plaque signalétique	Abréviation	Unité	Sectionneur	Sectionneur de terre ^a	Dispositif de manœuvre
Constructeur			x	x	x
Désignation de type du constructeur			x	x	x
Classe d'endurance mécanique			x ^b	x ^b	x
Classe de pouvoir de fermeture en court-circuit				x ^b	
Référence du manuel d'instructions			x	x	x
Année de fabrication			x	x	x
Référence de la présente norme			x	x	x
Numéro de série			x	x	x
Tension assignée	U_r	kV	x	x	
Fréquence assignée	f_r	Hz	x	x	
Tension de tenue aux chocs de foudre assignée	U_p	kV	x	x	
Tension de tenue aux chocs de manœuvre assignée pour $U_r \geq 300$ kV	U_s	kV	x	x	
Tension de tenue à fréquence industrielle assignée	U_d	kV	x	x	
Courant permanent assigné	I_r	A	x		
Courant de courte durée admissible assigné	I_k	kA	x	x	
Durée de court-circuit assignée	t_k	s	x ^c	x ^c	
Valeur de crête du courant admissible assignée	I_p	kA	x	x	
Courant établi assigné en court-circuit	I_{ma}	kA		x ^d	
Masse du fluide pour l'isolement	M_f	kg	x ^e	x ^e	
Température minimale et maximale de l'air ambiant		°C	x ^f	x ^f	x ^f

Tableau 12 (2 de 2)

Informations soit à porter sur la plaque signalétique soit à intégrer au manuel d'instructions	Abréviation	Unité	Sectionneur	Sectionneur de terre ^a	Dispositif de manœuvre
Courant de jeux de barres à vide assigné	I_{bc}	A	x^g		
Classe d'établissement-coupure de courant de jeux de barres à vide			x^g		
Courant assigné de transfert de barres	I_{bt}	A	x^h		
Tension assignée de transfert de barres	U_{bt}	V	x^h		
Classe de sectionneur de terre (classe A ou B) ⁱ				x^i	
Courant assigné d'induction (électromagnétique)	I_{im}	A		x^i	
Tension assignée d'induction (électromagnétique)	U_{im}	V		x^i	
Courant assigné d'induction (électrostatique)	I_{is}	A		x^i	
Tension assignée d'induction (électrostatique)	U_{is}	V		x^i	
Valeur de la résistance	R	Ω	x^j		
Pression assignée de remplissage pour la manœuvre	P_{rm}	Pa			x
Pression minimale de fonctionnement pour la manœuvre	p_{mm}	Pa			x
Pression d'alarme pour la manœuvre	P_{am}	Pa			x
Pression assignée de remplissage pour l'isolement	P_{re}	Pa	x	x	
Pression minimale de fonctionnement pour l'isolement	p_{me}	Pa	x	x	
Pression d'alarme pour l'isolement	P_{ae}	Pa	x	x	
Pression minimale de fonctionnement pour la coupure	p_{sw}	Pa	x	x	
Tension d'alimentation assignée des circuits auxiliaires et de commande	U_a	V			x^k
Effort mécanique statique assigné sur les bornes	F	N	x	x	
Masse (y compris le liquide)	M	kg	x	x	x
Couche de glace assignée		mm	x	x	x
Zone de contact assignée	x_r, y_r et z_r	mm	x^l	x^l	
NOTE 1 Le marquage des valeurs indiquées par x est obligatoire (le cas échéant).					
NOTE 2 Il n'est pas nécessaire que le terme "assigné" figure sur la plaque signalétique.					

- a Une seule plaque signalétique peut être utilisée pour un sectionneur et un sectionneur de terre assemblé en un seul appareil.
- b L'indication de marquage de la classe est obligatoire lorsqu'elle est différente de M0 ou E0. Cela peut être inclus dans la désignation de type afin d'éviter de réserver un espace supplémentaire.
- c Obligatoire si t est différent de 1 s.
- d Pour les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit.
- e La formule chimique du gaz ou le nom commercial du liquide (le cas échéant) doit être indiqué(e).
- f Obligatoire si différente de -5 °C et/ou $+40\text{ °C}$.
- g Pour les sectionneurs faisant partie d'un appareillage à isolation gazeuse de tension assignée $U_r \geq 300\text{ kV}$.
- h Pour les sectionneurs de $U_r > 52\text{ kV}$ ayant un pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres.
- i Pour les sectionneurs de terre de $U_r > 52\text{ kV}$ ayant un pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit.
- j Pour les sectionneurs équipés de résistances.
- k Les tensions d'alimentation assignées des circuits auxiliaires et de commande peuvent avoir des valeurs distinctes qui doivent être indiquées. Le constructeur doit aussi indiquer si l'alimentation est une source en courant continu ou alternatif.
- l Pour les sectionneurs à éléments séparés et/ou les sectionneurs de terre à éléments séparés de tension assignée $U_r > 52\text{ kV}$.

6.12 Dispositifs de verrouillage

Le paragraphe 6.12 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre prévus pour être verrouillés mécaniquement par le blocage de l'arbre de commande ou de la chaîne cinématique de puissance du sectionneur ou du sectionneur de terre, et non intégrés aux ensembles d'appareillages couverts par les normes IEC 62271-200, IEC 62271-201 ou IEC 62271-203, doivent être conçus de manière à supporter:

- pendant la manœuvre à l'aide d'un moteur, la contrainte générée par le couple de démarrage du moteur à la tension d'alimentation maximale du moteur ou, en cas de présence d'un dispositif limiteur de contrainte, à sa valeur limite, et
- pendant la manœuvre manuelle, 3 fois la valeur de l'effort maximal correspondant attribuée à la manœuvre manuelle en 6.105 (sans prise en compte de la valeur de crête) ou, en cas de présence d'un dispositif limiteur de contrainte, 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. Se reporter également au 6.104 du présent document.

6.14 Degrés de protection procurés par les enveloppes

Le paragraphe 6.14 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant pour les enveloppes des circuits auxiliaires et de commande:

Le degré de protection procuré par les enveloppes pour les installations extérieures doit être au minimum de IP3XDW de l'IEC 60529:1989 + AMD1:1999 + AMD2:2013.

Pour les installations intérieures, le degré de protection ne doit pas être inférieur à IP2X de l'IEC 60529:2013.

6.15 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

Le paragraphe 6.15 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

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 avec l'ajout suivant:

La pression en Pa (ou masse volumique) ou la masse de liquide doit être assignée par le constructeur, rapportée aux conditions atmosphériques de 20 °C auxquelles l'appareillage à remplissage de gaz ou de liquide est rempli avant sa mise en service.

Pour les dispositifs de manœuvre dont le compresseur ou la pompe fait partie intégrante et qui sont équipés de leur propre accumulateur de pression, les limites de la pression de remplissage (fonctionnement) doivent être spécifiées par le constructeur.

6.101 Exigences spéciales pour les sectionneurs de terre

Tout type de matériau et de section sont admis pour les connexions entre les parties mobiles d'un sectionneur de terre et son châssis, à condition que les connexions soient en mesure de supporter les contraintes électriques, mécaniques et environnementales qui se produisent en service.

6.102 Exigences relatives à la distance de sectionnement des sectionneurs

Lorsque l'isolation sur la distance de sectionnement peut être exposée à la pollution en service, des précautions doivent être prises pour rendre la conception de l'isolateur adéquate (par exemple, ligne de fuite, hydrophobicité, orientation de l'isolateur). L'IEC/TS 60815 (toutes les parties) [3] peut être utilisée comme recommandations pour le choix d'une conception appropriée de l'isolateur. Il convient de vérifier les performances satisfaisantes de l'isolation sur la distance de sectionnement dans des conditions polluées par rapport au niveau approprié de tenue à la tension correspondant à la distance de sectionnement à laquelle le sectionneur est destiné.

La conception doit également tenir compte des effets de la pollution causée par l'usure et les sous-produits dus à l'arc. L'efficacité de la conception à résister à ces effets est mesurée par les vérifications d'état spécifiées à l'Article 7 après les essais de type appropriés.

NOTE 1 L'IEC 62271-1:2017 spécifiant des niveaux de tenue à la tension sur la distance de sectionnement plus élevés que ceux de l'isolation phase-terre, la distance de sectionnement d'un sectionneur est habituellement plus

grande que la distance d'isolement phase-terre. Cependant, lorsqu'une ligne de fuite longue est exigée, la distance d'isolement phase-terre peut devenir plus grande que la distance de sectionnement du sectionneur. Dans de tels cas, l'utilisation de dispositifs de protection tels que des parafoudres ou des éclateurs peut être nécessaire.

NOTE 2 La méthode d'essai des isolateurs est disponible dans l'IEC 60507 [2] et l'IEC/TS 60815 (toutes les parties) [3].

6.103 Résistance mécanique

Le sectionneur et le sectionneur de terre, y compris les isolateurs utilisés, installés suivant les instructions du constructeur, doivent être capables:

- d'ouvrir et de fermer correctement les contacts principaux lorsqu'ils sont soumis à leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leurs bornes;
- de supporter le courant permanent assigné (le cas échéant) lorsqu'ils sont soumis à leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leurs bornes;
- de supporter les forces dynamiques sur leurs bornes dans des conditions de court-circuit.

La résistance en porte à faux exigée d'un isolateur doit être calculée en prenant en compte la hauteur des bornes au-dessus du sommet de l'isolateur et en prenant en compte les forces supplémentaires qui agissent sur l'isolateur (voir 3.7.119 et 9.102.4).

6.104 Manœuvre des sectionneurs et des sectionneurs de terre – Position des contacts mobiles et de leurs dispositifs indicateurs et de signalisation

6.104.1 Verrouillage de la position

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre, y compris leurs mécanismes de commande, doivent être conçus de telle façon qu'ils ne puissent pas quitter leurs positions d'ouverture ou de fermeture par gravité, pression du vent, vibration, chocs d'importance raisonnable ou efforts accidentels sur les bielles de liaison à leur commande selon les conditions de service définies à l'Article 4.

À l'exception des sectionneurs et sectionneurs de terre dont les contacts sont directement déplacés à l'aide d'une perche, les sectionneurs et les sectionneurs de terre doivent pouvoir être verrouillés au moins dans leur position d'ouverture (pour les sectionneurs) et leur position de fermeture (pour les sectionneurs de terre).

6.104.2 Exigences complémentaires pour les mécanismes à source d'énergie extérieure

Les mécanismes à source d'énergie extérieure doivent aussi être équipés d'un dispositif de manœuvre manuelle. Le couplage d'un dispositif de manœuvre manuelle (par exemple, une manivelle) au mécanisme de commande à énergie extérieure doit interrompre de façon sûre l'énergie de commande du mécanisme à énergie extérieure.

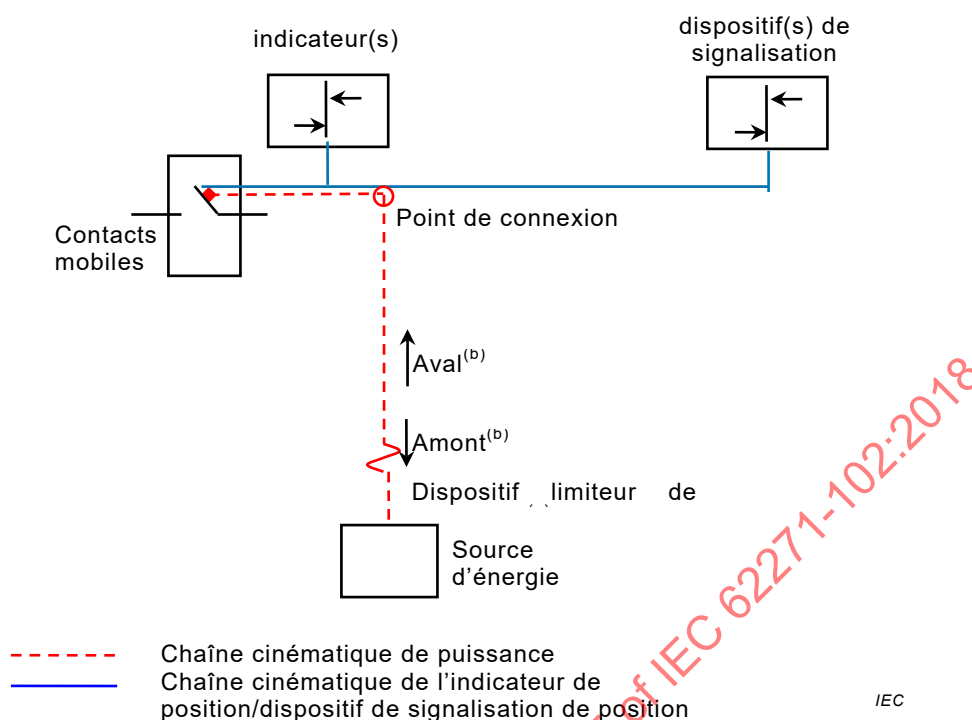
6.104.3 Indication et signalisation de la position

6.104.3.1 Exigences générales

L'indication et la signalisation des positions de fermeture et d'ouverture ne doivent pas être effectives tant que les contacts mobiles n'ont pas atteint respectivement leur position de fermeture ou d'ouverture.

NOTE Pour la définition de "position de fermeture" et de "position d'ouverture", voir 3.6.109 et 3.6.110.

La Figure 1 représente les différents éléments impliqués dans l'indication et la signalisation des positions ainsi que certaines conditions de conception.



a) Le dispositif limiteur de contrainte (le cas échéant) peut être un dispositif externe ou un dispositif interne faisant partie de la source d'énergie, par exemple, le contrôleur de couple (d'effort).

b) "Amont" est la direction vers la source d'énergie, "aval" est la direction vers les contacts.

Figure 1 – Dispositifs indicateurs/de signalisation de position

Le dispositif limiteur de contrainte (le cas échéant) peut être placé en tout point le long de la chaîne cinématique de puissance entre la source d'énergie et le point de connexion, mais il ne doit pas être le long de la chaîne cinématique du dispositif indicateur/de signalisation de position. Voir 6.104.3.2 et 6.104.3.3.

L'indicateur ou les 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 une chaîne cinématique séparée du dispositif indicateur/de signalisation de position. Si l'indicateur de position n'est pas directement fixé sur la partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance, la chaîne cinématique de l'indicateur de position à partir du point de connexion doit alors être placée à l'intérieur d'une enveloppe fournissant un degré minimum de protection égal à IP2XC de l'IEC 60529:1989 + AMD1:1999 + AMD2:2013 et 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 avec les mêmes niveaux de protection que ceux définis pour la chaîne cinématique de l'indicateur de position.

6.104.3.2 Indication de position

Il doit être possible de connaître la position du sectionneur ou du sectionneur de terre. L'indication de position du sectionneur ou du sectionneur de terre est fournie lorsqu'une des conditions suivantes est remplie:

- au moins la position des contacts mobiles de chaque pôle est visible, en position d'ouverture pour les sectionneurs et en position de fermeture pour les sectionneurs de terre;
- les positions d'ouverture et de fermeture des contacts mobiles de chaque pôle sont indiquées par un indicateur de position fiable. Il est admis d'utiliser un indicateur de

position commun uniquement si tous les pôles du sectionneur ou du sectionneur de terre sont manœuvrés par un mécanisme de commande commun.

NOTE Dans certains pays, la conception du sectionneur est telle que la distance de sectionnement est visible (Canada).

La chaîne cinématique entre les contacts mobiles et l'indicateur de position doit être conçue avec une résistance mécanique suffisante pour satisfaire aux exigences des essais spécifiés (voir 7.105). La chaîne cinématique de l'indicateur de position doit assurer une manœuvre à commande positive. L'indicateur de position peut être marqué directement sur une partie mécanique, par tout moyen convenable, sur une partie mécanique de la chaîne cinématique de puissance. Le dispositif limiteur de contrainte, le cas échéant, ne doit pas constituer un élément de la chaîne cinématique de l'indicateur de position.

6.104.3.3 Signalisation de la position au moyen de contacts auxiliaires

Une indication commune pour tous les pôles d'un sectionneur et d'un sectionneur de terre ne doit être donnée que si tous les pôles du sectionneur ou du sectionneur de terre sont dans une position conforme au 6.104.3.1.

Il est admis d'utiliser un dispositif de signalisation de position commun uniquement si le sectionneur ou le sectionneur de terre à trois pôles est manœuvré par un mécanisme de commande commun.

La chaîne cinématique entre les contacts mobiles et le(s) dispositif(s) de signalisation de position doit être conçue avec une résistance mécanique suffisante pour satisfaire aux exigences des essais d'endurance mécanique. La chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position doit assurer une manœuvre à commande positive. Le dispositif limiteur de contrainte, le cas échéant, ne doit pas constituer un élément de la chaîne cinématique du dispositif de signalisation de position.

6.105 Effort maximal exigé pour la manœuvre (dépendante ou indépendante) manuelle

6.105.1 Généralités

Les valeurs données en 6.105.2 et 6.105.3 s'appliquent également pour la manœuvre manuelle lors de la maintenance des sectionneurs et des sectionneurs de terre manœuvrés habituellement à l'aide d'un moteur.

NOTE Ces valeurs incluent le bris de la glace, le cas échéant.

6.105.2 Manœuvre exigeant plus d'un tour

La force maximale nécessaire à la manœuvre ou au stockage d'énergie à l'intérieur d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, manœuvre exigeant plus d'un tour (manivelle, par exemple), ne doit pas dépasser 80 N durant 90 % du nombre total de tours exigés et ne jamais dépasser 120 N.

6.105.3 Manœuvre exigeant au plus un tour

Il convient que la force nécessaire à la manœuvre ou au stockage d'énergie à l'intérieur d'un sectionneur ou d'un sectionneur de terre, manœuvre exigeant au plus un tour (levier de manœuvre, par exemple), ne dépasse pas 250 N (se reporter à 6.6.4 de l'IEC 62271-1:2017). Une valeur maximale de 450 N est acceptée pendant une rotation d'au maximum 15°.

6.106 Tolérances dimensionnelles

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre installés et/ou connectés par l'utilisateur, les dimensions correspondantes de montage et les dimensions des connexions haute tension, ainsi que pour les connexions de terre des sectionneurs et sectionneurs de terre, les

tolérances indiquées dans l'ISO 2768-1 doivent s'appliquer pour les dimensions linéaires et angulaires.

6.107 Sectionneurs de terre avec pouvoir de fermeture en court-circuit

Les sectionneurs de terre auxquels un courant établi en court-circuit a été assigné doivent être capables d'établir, à une tension assignée et inférieure, tout courant inférieur ou égal au courant établi assigné en court-circuit. Cette exigence est considérée comme satisfaite si le sectionneur de terre démontre avec succès sa classe d'endurance électrique.

7 Essais de type

7.1 Généralités

7.1.1 Principes fondamentaux

Les dispositions de 7.1.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'appliquent avec les ajouts suivants.

Les sectionneurs et sectionneurs de terre doivent être soumis à l'essai pour vérifier leurs caractéristiques assignées dans les conditions particulières d'installation et d'utilisation (par exemple, ils doivent être soumis à l'essai tels qu'ils sont généralement montés dans l'appareillage à isolation gazeuse ou sous enveloppe métallique) avec tous les matériels associés dont la disposition peut avoir une influence sur les performances tels que les connexions, les supports, les dispositifs d'échappement, les résistances, etc.

Les sectionneurs et sectionneurs de terre différents des exemples donnés à l'Article 7 en matière de construction ou de dispositions de montage doivent être soumis à l'essai dans des conditions représentatives de l'installation réelle.

NOTE Les composants associés sont susceptibles d'influencer les performances. Les forces mécaniques dues au courant de court-circuit, à l'échappement des particules produites par l'arc, aux possibilités de décharges disruptives, etc. peuvent caractériser cette influence. Il est admis que l'influence de ces facteurs peut être relativement négligeable dans certains cas.

Le même réglage du dispositif de signalisation de position pour les positions de fermeture ou d'ouverture doit être utilisé pour l'essai diélectrique et les essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible.

Les essais de type pour le sectionneur et le sectionneur de terre sont énumérés au Tableau 13. Pour les essais de type, les tolérances sur les grandeurs d'essai sont indiquées à l'Annexe C.

Les informations concernant l'extension de la validité des essais de type sont données à l'Annexe E (informative).

Tableau 13 – Liste des essais de type

Essai de type, selon l'application, caractéristique assignée ou conception	Condition	Dispositif associé		Paragraphes
		Sectionneur	Sectionneur de terre	
Essais diélectriques	a	x	x	7.2
Mesurage de la résistance du circuit principal	a	x		7.4.4
Essais au courant permanent	a	x		7.5
Essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible	a	x	x	7.6
Essais d'endurance mécanique	a	x	x	7.102.3
Vérification du degré de protection	IP assigné – et/ou code- IK	x	x	7.7
Essai de tension de perturbation radioélectrique	$U_r \geq 245$ kV	x	x	7.3
Essais d'étanchéité	Systèmes à pression entretenue, scellée ou autonome	x	x	7.8
Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	Présence de composants électroniques	x	x	7.9
Essais complémentaires sur les circuits auxiliaires et de commande	Présence de circuits auxiliaires et de commande	x	x	7.10
Essai des rayonnements X	Présence d'ampoules à vide	x	x	7.11
Essai pour vérifier les performances de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre	Classe E1 ou E2		x	7.101
Essai de la zone de contact	Support séparé	x	x	7.102.2
Fonctionnement durant l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes	Effort mécanique assigné sur les bornes	x	x	7.102.4
Essais complémentaires d'endurance mécanique	Classe M1 ou M2	x	x	7.102.5
Essais sur les dispositifs de verrouillage mécanique	Présence de verrouillage bloquant l'arbre de commande ou la chaîne cinématique de puissance	x	x	7.102.6
Fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace	10 mm et plus	x	x	7.103
Essais à basse et haute température	Si température ambiante maximale $>+40$ °C ou température ambiante minimale <-5 °C	x	x	7.104
Essais pour vérifier le bon fonctionnement de l'indicateur de position	Présence de l'indicateur de position	x	x	7.105
Essais de coupure de courant de transfert de barres	Pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres ^b	x		7.106
Essais de coupure de courant induit	Classe A ou B ^c		x	7.107

Essai de type, selon l'application, caractéristique assignée ou conception	Condition	Dispositif associé		Paragraphes
		Sectionneur	Sectionneur de terre	
Essais de coupure de courant de jeux de barres à vide	Pouvoir d'établissement et de coupure de courant de jeux de barres à vide ^{d, e}	x		7.108
^a Obligatoire sans les conditions du dispositif associé. ^b Applicable aux sectionneurs de $U_r > 52$ kV. ^c Applicable aux sectionneurs de terre de $U_r > 52$ kV. ^d Applicable aux sectionneurs de $U_r > 52$ kV faisant partie d'un appareillage à isolation gazeuse. Pour $U_r < 300$ kV, les essais ne sont généralement pas jugés nécessaires et font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur. ^e Le pouvoir d'établissement et de coupure de jeux de barres à vide pour les sectionneurs à isolement dans l'air fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, se reporter à l'IEC/TR 62271-305.				

7.1.2 Informations pour l'identification des objets d'essai

Le Paragraphe 7.1.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Au début des essais de type, les caractéristiques des manœuvres mécaniques et leurs tolérances pour le sectionneur ou le sectionneur de terre pendant l'ouverture et/ou la fermeture doivent être fournies par le constructeur, par exemple l'intervalle de temps entre les événements pendant la manœuvre et les courbes de déplacement à vide.

7.1.3 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type

Se reporter à 7.1.3 de l'IEC 62271-1:2017 avec les ajouts suivants (le cas échéant):

Lorsque pour les besoins des essais, les isolateurs ne sont pas fournis par le constructeur du sectionneur ou du sectionneur de terre, les caractéristiques les plus importantes des isolateurs utilisés pendant les essais de type doivent être incluses dans les rapports d'essai applicables pour comparaison avec celles décrites dans la documentation du constructeur:

- résistance assignée en porte-à-faux;
- résistance assignée en torsion des isolateurs-support (et isolateurs de manœuvre, le cas échéant);
- hauteur et nombre d'éléments;
- ligne de fuite et profil des ailettes;
- déviation sous charge.

Dans le cas d'essais diélectriques, l'information doit porter sur la plus petite distance pour laquelle l'indicateur ou le dispositif de signalisation peut signaler la position OUVERT. Pour les dispositifs à isolement dans l'air, la distance minimale de l'espace et la hauteur au-dessus du sol utilisée pour les essais doivent être précisées (voir 7.2.4). De même, la distance de la partie d'isolation la plus basse par rapport au sol doit être donnée.

7.2 Essais diélectriques

7.2.1 Généralités

Le Paragraphe 7.2.1 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.2 Conditions de l'air ambiant pendant les essais

Le Paragraphe 7.2.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.3 Modalités des essais sous pluie

Le Paragraphe 7.2.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.4 Disposition de l'appareil

Le Paragraphe 7.2.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Les essais diélectriques des sectionneurs ou des sectionneurs de terre en position OUVERT doivent être exécutés avec la distance minimale de sectionnement pour les sectionneurs ou la distance pour les sectionneurs de terre pour laquelle l'indicateur ou le dispositif de signalisation peut signaler la position OUVERT, ou encore avec la distance minimale de sectionnement compatible avec les dispositions de verrouillage spécifiées en 6.104.1, la plus petite de ces deux distances étant retenue. Cette exigence ne s'applique pas aux sectionneurs et sectionneurs de terre de type intérieur à manœuvre indépendante.

Si la conception de l'appareil exige un réglage de l'indicateur de position ou du dispositif de signalisation de position, ce réglage doit être réalisé selon le manuel d'instructions. Aucun écart de réglage de ces dispositifs n'est acceptable pour les essais diélectriques.

7.2.5 Conditions de réussite des essais

Le Paragraphe 7.2.5 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.6 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Le Paragraphe 7.2.6 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants.

Les sectionneurs de $U_r > 52$ kV ayant une distance de sectionnement parallèle à la base du sectionneur et ayant des sectionneurs de terre associés doivent également être soumis à l'essai en position d'ouverture, dans des conditions sèches uniquement, avec la tension d'essai à fréquence industrielle indiquée au Tableau 14 dans la position diélectrique la plus défavorable du sectionneur de terre. Si la distance d'isolement minimale temporaire dans l'air est plus importante que les distances d'isolement données dans l'IEC 60071-2, aucun essai n'est exigé.

Tableau 14 – Tensions de tenue à fréquence industrielle

Tension assignée U_r kV	Tension d'essai kV
72,5	94
100	130
123	160
145	188
170	221
245	283
300	346
362	418
420	484
550	635
800	924
1 100	1.270
1 200	1 386

NOTE Voir l'Annexe A pour la justification des valeurs données au Tableau 14.

Pour les essais des sectionneurs de terre, la tension d'essai doit être appliquée avec le sectionneur de terre en position d'ouverture (voir Tableau 21):

- entre des bornes isolées adjacentes et les châssis à la terre (par exemple, A et B avec F à la terre);
- entre toutes les bornes isolées connectées ensemble et les châssis à la terre (par exemple, ABC et F à la terre).

7.2.7 Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de $U_r \leq 245$ kV

Le Paragraphe 7.2.7 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.8 Essais des sectionneurs et des sectionneurs de terre de $U_r > 245$ kV

Le Paragraphe 7.2.8 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.9 Essais de pollution artificielle pour les isolateurs d'extérieur

Le Paragraphe 7.2.9 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

NOTE Les performances de l'isolement parallèle peuvent être altérées dans des conditions de pollution et de pluie (des essais complémentaires de pollution peuvent être nécessaires).

7.2.10 Essais de décharges partielles

Le Paragraphe 7.2.10 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant:

Aucun essai de décharges partielles n'est exigé sur un sectionneur ou sectionneur de terre complet sauf lorsqu'il est exigé dans les normes d'assemblage, c'est-à-dire l'IEC 62271-200, l'IEC 62271-201 et l'IEC 62271-203. Cependant, dans le cas de sectionneurs et sectionneurs de terre utilisant des matériels pour lesquels il existe une norme IEC correspondante incluant des mesurages de décharges partielles (par exemple, pour les traversées, voir l'IEC 60137), le constructeur doit démontrer que ces matériels ont satisfait aux essais de décharges partielles spécifiés dans la norme IEC correspondante. Pour le mesurage de décharges partielles, voir l'IEC 60270.

NOTE 1 Le mesurage de décharges partielles permet de déceler certaines anomalies de l'équipement en essai et constitue un complément utile aux essais diélectriques. L'expérience montre que, dans des dispositions particulières, les décharges partielles peuvent conduire à une dégradation de la tenue diélectrique de l'équipement, notamment de l'isolation solide.

NOTE 2 Après accord, d'autres méthodes que celle décrite dans l'IEC 60270, par exemple UHF ou acoustiques, peuvent être utilisées pour le mesurage ou la détection de décharges partielles.

7.2.11 Essais diélectriques sur les circuits auxiliaires et de commande

Le Paragraphe 7.2.11 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.2.12 Essai de tension comme essai de vérification d'état

Le Paragraphe 7.2.12 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le Paragraphe 7.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

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.

7.6.2 Disposition des sectionneurs et des sectionneurs de terre et du circuit d'essai

Le Paragraphe 7.6.2 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec les ajouts suivants:

7.6.2.101 Conditions générales d'essai

Les sectionneurs ou les sectionneurs de terre soumis à l'essai doivent être installés avec leur propre mécanisme de commande, dans la mesure où cela est nécessaire pour que l'essai soit représentatif.

Les sectionneurs comportant des accessoires pour s'adapter au pouvoir – d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres et les sectionneurs de terre comportant des accessoires pour s'adapter au pouvoir d'établissement et de coupure de courant induit doivent être soumis à l'essai avec ces dispositifs montés.

Les essais doivent être effectués dans la position la plus défavorable du mécanisme de commande et des contacts principaux. Il convient de tenir compte du 6.104.3 et, le cas échéant, du 7.105.

Si la conception de l'appareil exige un réglage de l'indicateur de position ou du dispositif de signalisation de position, ce réglage doit être réalisé selon le manuel d'instructions. Aucun écart de réglage de ces dispositifs n'est acceptable pour les essais de court-circuit.

Si la conception autorise des tolérances, celles-ci doivent être déclarées par le constructeur avant l'essai. Les essais au courant de courte durée admissible et à la valeur de crête du courant admissible doivent être réalisés avec le dispositif de signalisation réglé au maximum ou au minimum de la tolérance spécifiée donnant la position la plus défavorable des contacts principaux indiquée par le dispositif de signalisation. Cette exigence ne s'applique pas aux sectionneurs et sectionneurs de terre de type intérieur à manœuvre indépendante.

NOTE La position la plus défavorable des contacts principaux est la première position au cours de la manœuvre de fermeture pour laquelle la signalisation "FERMÉ" apparaît.

Les sectionneurs et sectionneurs de terre de type ouvert doivent être soumis à l'essai selon l'une des dispositions d'essais appropriées spécifiées aux Figures 2, 3, 4 ou 5. Au cours des essais avec des conducteurs souples, les bornes des sectionneurs ou des sectionneurs de terre en essai doivent être contraintes en appliquant leurs efforts longitudinaux mécaniques statiques assignés sur leurs bornes dans les directions indiquées par le constructeur.

La disposition d'essai doit également représenter les conditions les plus défavorables telles que les forces électromagnétiques tendant à ouvrir le sectionneur ou le sectionneur de terre. Les essais sur un sectionneur de terre associé à un sectionneur doivent être réalisés avec les mêmes connexions d'essais que celles utilisées pour l'essai du sectionneur.

Les essais monophasés sur les sectionneurs ou les sectionneurs de terre ayant un mécanisme de commande commun aux trois pôles doivent être effectués sur un seul pôle placé à une distance la plus éloignée possible du mécanisme de commande.

Les sectionneurs de terre, ne faisant pas partie intégrante d'un sectionneur, doivent être soumis à l'essai dans une disposition qui remplit les mêmes exigences que celles applicables aux sectionneurs.

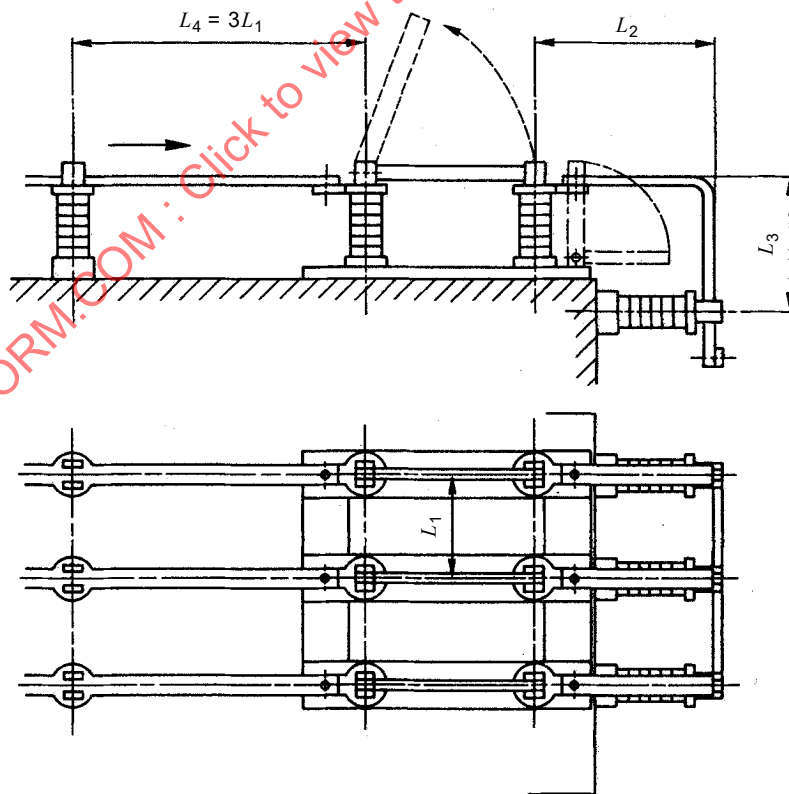
Les sectionneurs et les sectionneurs de terre intégrés à un appareillage sous enveloppe doivent être soumis à l'essai comme une partie de l'ensemble d'appareillage conformément à l'IEC 62271-200, l'IEC 62271-201 ou l'IEC 62271-203.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à éléments séparés, la position verticale du contact dans la zone de contact doit être choisie pour représenter la condition la plus défavorable, en tenant compte du montage du contact fixe avec des conducteurs souples ou rigides. En cas de doute sur la condition la plus défavorable, les essais doivent être réalisés dans la position la plus haute et la plus basse du contact à l'intérieur de la zone de contact assignée.

Il convient de réaliser de préférence tous les essais en triphasé. Si un essai monophasé est réalisé, il convient de le réaliser de préférence sur deux pôles adjacents. Si l'essai est réalisé sur un seul pôle, le conducteur de retour doit être à la distance entre phases par rapport au pôle soumis à l'essai. Le conducteur de retour doit être parallèle au trajet principal du courant dans le sectionneur ou le sectionneur de terre et à la même hauteur par rapport à la base ou l'équivalent pour les sectionneurs ou sectionneurs de terre à contact mobile vertical. La longueur du conducteur de retour doit être comme indiquée aux Figures 2 à 5, selon le cas.

7.6.2.102 Sectionneurs et sectionneurs de terre de $U_r \leq 52 \text{ kV}$

La disposition d'essai donnée à la Figure 2 doit être utilisée pour les sectionneurs et sectionneurs de terre de type ouvert de $U_r \leq 52 \text{ kV}$. Les distances L_2 et L_3 sont aussi courtes que possible, mais non inférieures à L_1 .



IEC

Figure 2 – Disposition d'essai triphasé pour des sectionneurs et des sectionneurs de terre

La disposition représentée couvre:

- les distances non prises en charge inférieures ou égales à L_4 pour les conducteurs rigides;
- la distance entre phases supérieure ou égale à L_1 .

Si L_1 a une plage, la distance entre phases du montage d'essai doit être la plus courte. L_4 doit être la distance la plus longue donnée par le constructeur, mais pas inférieure à trois fois la distance la plus courte L_1 .

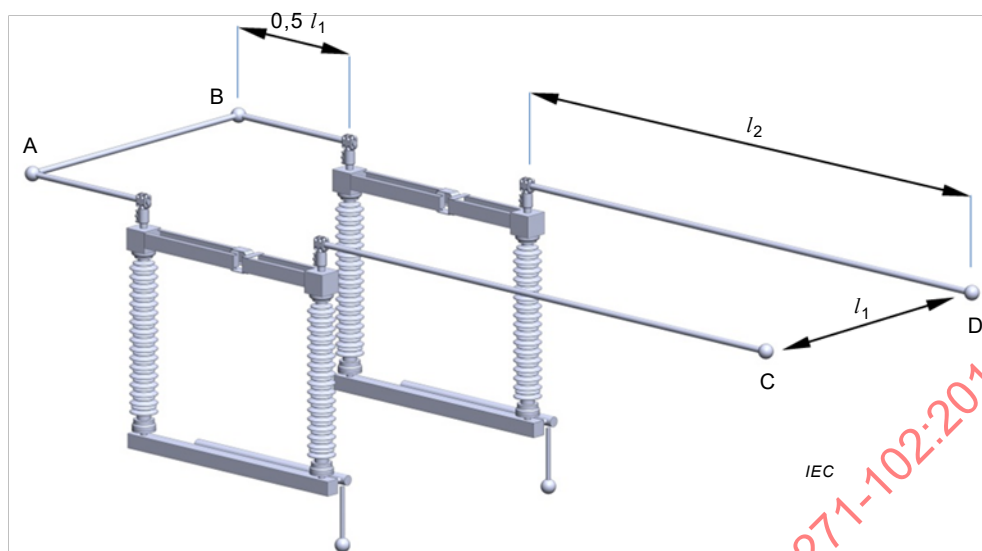
Éviter l'introduction d'efforts non représentatifs des conditions de service par les connexions à la source d'alimentation.

7.6.2.103 Sectionneurs et sectionneurs de terre de $U_r > 52$ kV

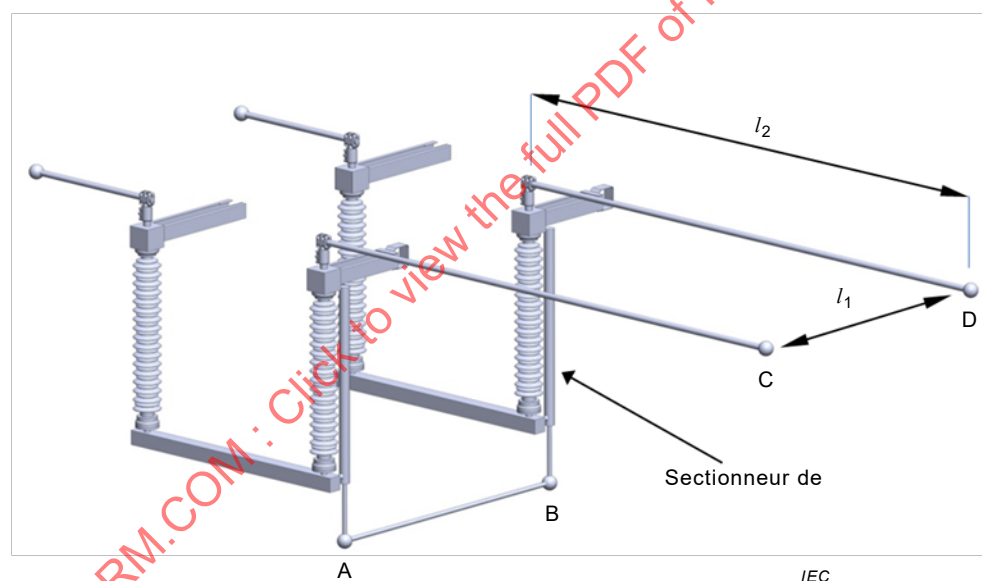
La disposition d'essai monophasé représentée à la Figure 3 doit être utilisée pour les sectionneurs ayant une distance de sectionnement horizontale et les sectionneurs de terre appropriés; les dispositions d'essai représentées à la Figure 4 et à la Figure 5 doivent être utilisées pour les sectionneurs à éléments séparés avec un intervalle de sectionnement vertical et les sectionneurs de terre appropriés. Les résultats d'essai obtenus sur un sectionneur ou un sectionneur de terre monté dans une certaine position (horizontale ou verticale, par exemple) ne sont valables que pour la position du sectionneur ou du sectionneur de terre au cours de cet essai.

Les dispositions d'essais en triphasé doivent suivre le même modèle général que les dispositions d'essais monophasés de la Figure 3 à la Figure 5.

Le trajet du court-circuit entre les pôles du sectionneur de terre représenté schématiquement à la Figure 3 doit reproduire pendant les essais les conditions d'installation indiquées par le constructeur. La position et la méthode de fixation des conducteurs utilisés pour relier les pôles entre eux et à la terre doivent être tout particulièrement prises en considération.



a) Disposition d'essai pour sectionneurs



b) Disposition d'essai pour sectionneurs de terre

Légende

A–B Connexion de court-circuit

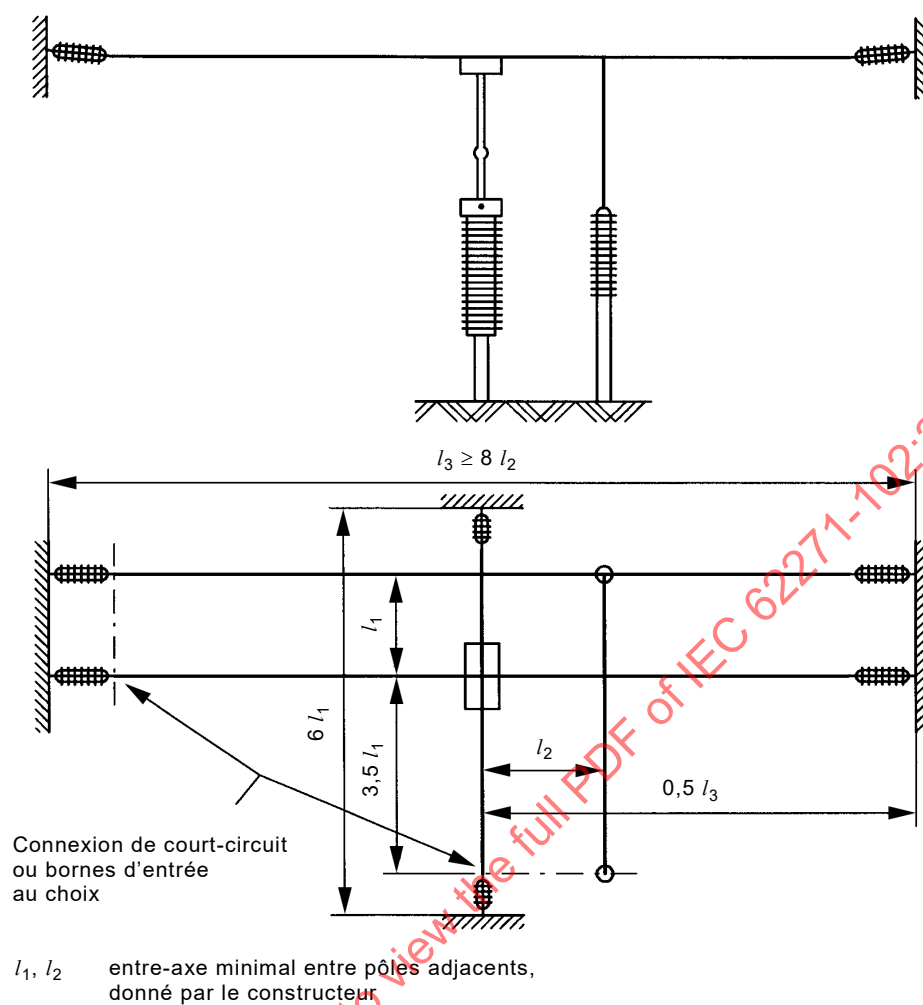
C–D Entrée

l_1 Entre-axe minimal entre pôles adjacents, donné par le constructeur

$l_2 = 2 \times l_1$ Pour $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$

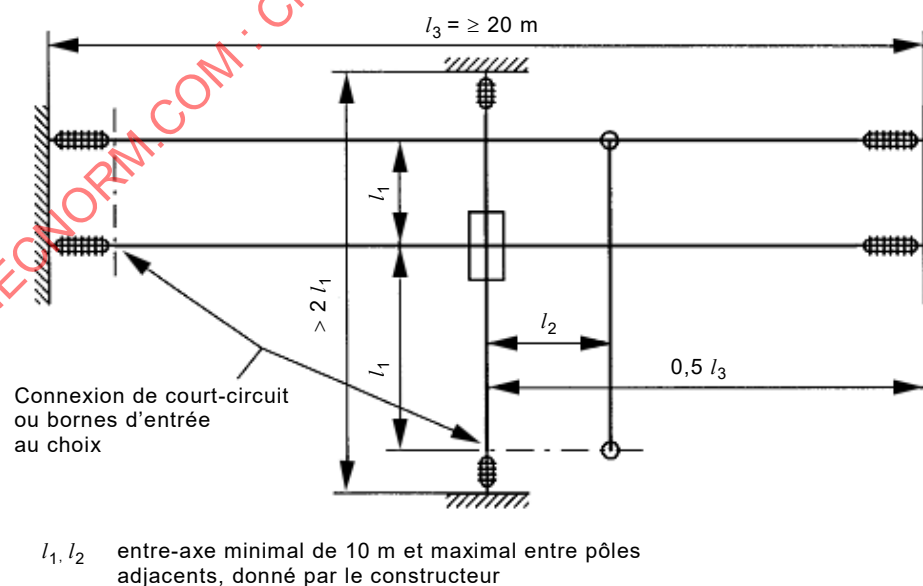
$l_2 = 0,5 \times l_1$ Pour $U_r > 550 \text{ kV}$, avec un minimum de 7 m

Figure 3 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs comportant une distance de sectionnement horizontale et pour sectionneurs de terre de $U_r > 52 \text{ kV}$, destinés à être utilisés avec des conducteurs souples ou rigides



IEC

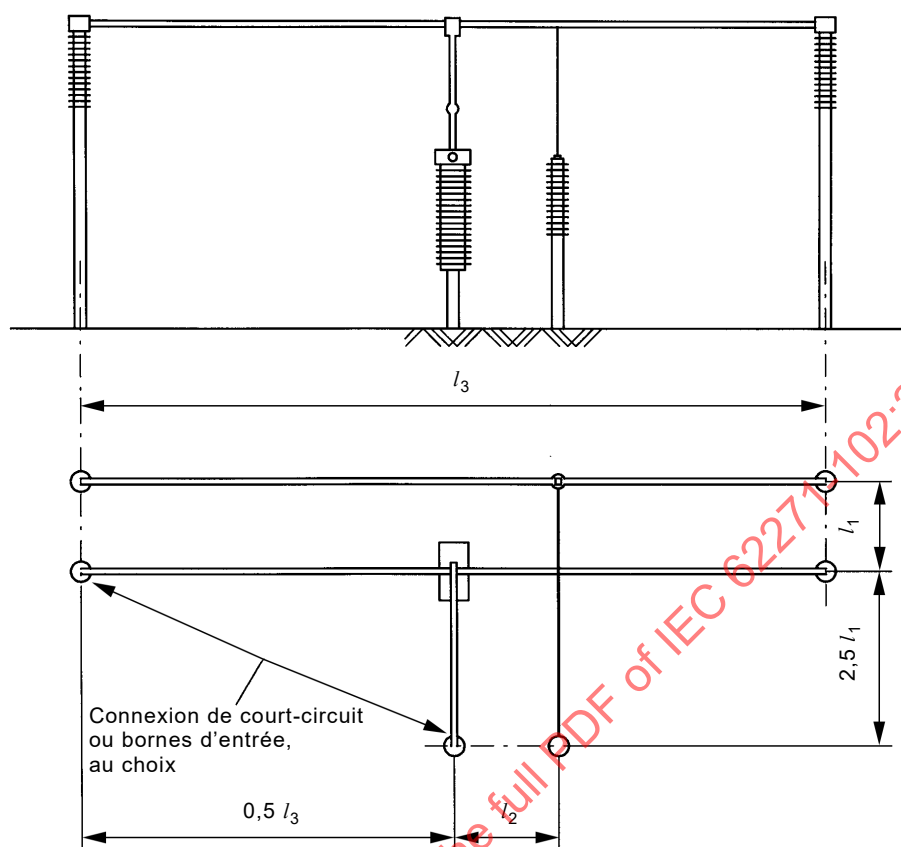
a) Disposition d'essai pour sectionneurs de $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$



IEC

b) Disposition d'essai pour sectionneurs de $U_r > 550 \text{ kV}$

Figure 4 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) de $U_r > 52 \text{ kV}$ à distance de sectionnement verticale, destinés à être utilisés avec des conducteurs souples

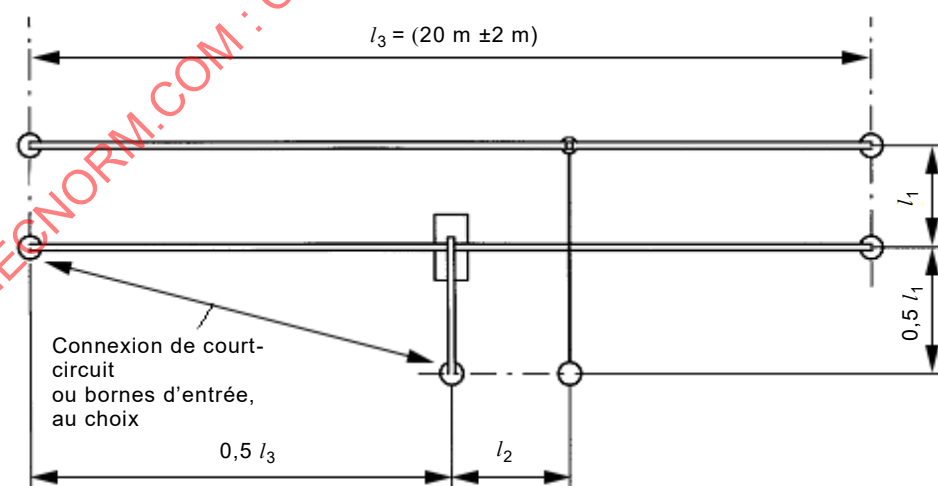


l_1, l_2 entre-axe minimal entre pôles adjacents, donné par le constructeur

IEC

Pour $U_r \leq 145 \text{ kV}$ $l_3 \geq 4l_1$
 Pour $U_r \geq 170 \text{ kV}$ $l_3 = (20 \pm 2) \text{ m}$

a) Disposition d'essai pour sectionneurs de $52 \text{ kV} < U_r \leq 550 \text{ kV}$



l_1, l_2 entre-axe minimal entre pôles adjacents, donné par le constructeur

IEC

b) Disposition d'essai pour sectionneurs de $U_r > 550 \text{ kV}$

Figure 5 – Disposition d'essai monophasé pour sectionneurs à éléments séparés (sectionneurs de terre) de $U_r > 52 \text{ kV}$ à distance de sectionnement verticale, destinés à être utilisés avec des conducteurs rigides

Dans un poste, les sectionneurs et les sectionneurs de terre à raccorder à des conducteurs souples ou rigides, conformément à leur documentation, doivent être soumis à l'essai à l'aide de conducteurs souples avec leurs efforts mécaniques statiques assignés sur leurs bornes (par exemple, sens longitudinal F_{a1} ou F_{a2} de la Figure 8 et F_{a1} , et F_{a2} de la Figure 9) dans un montage d'essai aux dimensions respectivement indiquées à la Figure 3 ou à la Figure 4. Conformément à leur documentation, les sectionneurs et sectionneurs de terre à raccorder seulement aux conducteurs rigides doivent être soumis à l'essai avec des conducteurs rigides dans une disposition d'essai de mêmes dimensions et sans effort mécanique statique délibéré assigné sur leurs bornes à l'exception de celui donné par le poids des conducteurs rigides. Les dimensions et le matériau des conducteurs utilisés doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

Après l'application de 50 % des efforts longitudinaux statiques assignés sur les bornes, le sectionneur ou le sectionneur de terre peut être réglé avant d'appliquer 100 % des efforts.

Toutes les informations détaillées relatives à la disposition d'essai sont obligatoires, et les informations détaillées du sectionneur et du sectionneur de terre représentés sont données à titre d'exemple.

Pour la normalisation des essais, lorsque ces derniers sont effectués avec des conducteurs souples et que les courants assignés du matériel sont supérieurs au courant permanent de 1 250 A ou au courant de courte durée admissible de 31,5 kA pendant 1 s, deux conducteurs souples doivent être utilisés avec un entre-axe de (70 ± 30) mm sans entretoise. Les sectionneurs et les sectionneurs de terre de $U_r \geq 300$ kV doivent être également soumis à l'essai avec ces deux conducteurs souples.

À moins que le sectionneur ou le sectionneur de terre en essai ne soit solidement fixé sur les fondations, la constante d'élasticité du support doit être prise en considération (IEC 60865-1).

Le rapport d'essai doit fournir des informations détaillées claires sur les dispositions d'essais ou indiquer que le sectionneur était solidement fixé sur les fondations.

Éviter l'introduction d'efforts non représentatifs des conditions de service par les connexions à la source d'alimentation et des efforts statiques sur les bornes plus importants que les efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes de l'objet d'essai.

Si, dans le montage d'essai, le côté court du conducteur inférieur ne peut être fixé sur un support, il peut être supporté par le sectionneur. Cela peut conduire à des efforts dynamiques plus importants sur les bornes.

NOTE 1 En principe, la Figure 3 peut s'appliquer à l'essai des sectionneurs de terre, à condition que le conducteur de terre soit disposé de façon adéquate.

NOTE 2 En principe, la Figure 4 peut s'appliquer à l'essai des sectionneurs de terre intégrés, à condition que le conducteur de terre soit disposé de façon adéquate.

7.6.3 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Le Paragraphe 7.6.3 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.6.4 État des sectionneurs et des sectionneurs de terre après l'essai

Le Paragraphe 7.6.4 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique avec l'ajout suivant.

La valeur de crête du courant admissible assignée et le courant de courte durée admissible assigné supportés par un sectionneur ou un sectionneur de terre en position de fermeture pendant la durée de court-circuit assignée ne doivent pas causer:

- de détérioration mécanique sur aucune partie du sectionneur ou sectionneur de terre;

- de séparation des contacts.

Après l'essai, une manœuvre à vide doit être effectuée avec la valeur assignée de l'alimentation pour les dispositifs à manœuvre indépendante à source d'énergie extérieure, avec une valeur minimale de l'alimentation électrique pour les dispositifs à manœuvre dépendante à source d'énergie extérieure, et avec une force ne dépassant pas les valeurs pour les dispositifs à manœuvre manuelle données au 6.105 pour les dispositifs à manœuvre (dépendante ou indépendante) manuelle. Le sectionneur ou le sectionneur de terre doit s'ouvrir lors de la première tentative.

Pour la vérification de la tenue en court-circuit par un essai monophasé sur un seul pôle d'un sectionneur (ou d'un sectionneur de terre) à trois pôles manœuvré par un mécanisme ou un arbre de commande commun, des détails précis sur la procédure d'essai et le couple/effort mesuré à la sortie du mécanisme de commande pendant la manœuvre à vide doivent être consignés afin d'évaluer le résultat de l'essai en fonction de l'aptitude du mécanisme à manœuvrer l'appareil à trois pôles après l'apparition d'un court-circuit triphasé. Cette méthode d'essai peut exiger l'utilisation d'un dispositif de mesure du couple/de l'effort dans la chaîne cinématique de puissance destinée à l'essai. Le couple/l'effort mesuré dans la chaîne cinématique de puissance exercé pour ouvrir le pôle en essai du sectionneur ou du sectionneur de terre ne doit pas dépasser la valeur générée par le mécanisme de commande (lors du blocage de la sortie de ce mécanisme) divisée par le nombre de pôles de l'appareil de connexion en essai.

Après la manœuvre à vide, la solidité de la connexion à la terre et de l'isolement doit être vérifiée pour les sectionneurs de terre comme suit:

- une inspection visuelle doit être effectuée (si possible). Il convient de ne pas observer d'usure ou de soudure significative des contacts. Une soudure légère des contacts est autorisée;
- lorsqu'une usure significative des contacts est suspectée ou une inspection visuelle ne peut être effectuée sans le démontage des contacts, la solidité de la connexion à la terre doit être confirmée par la vérification de la continuité électrique conformément au 7.4.3 de l'IEC 62271-1:2017;
- en cas de doute sur les caractéristiques d'isolement ou si une inspection visuelle ne peut être effectuée sans procéder au démontage, les dispositions du 7.2.12 s'appliquent pour vérifier les conditions diélectriques de la distance de sectionnement et de l'isolement par rapport à la terre.

Concernant les sectionneurs, après la ou les manœuvres à vide:

- pour vérifier le courant admissible, le mesurage de la résistance du circuit principal doit être effectué aussi près que possible des contacts. L'augmentation de la résistance après l'essai ne doit pas dépasser 20 % de la valeur mesurée avant l'essai;
- lorsque la résistance des contacts dépasse cette valeur, un essai au courant permanent assigné (7.5) doit être effectué pour démontrer que l'échauffement des contacts ne dépasse pas les limites indiquées au Tableau 14 de l'IEC 62271-1:2017 en surveillant la température aux points les plus proches possible des contacts;
- une inspection visuelle doit être effectuée (si possible). En cas de doute sur les caractéristiques d'isolement ou si une inspection visuelle ne peut être effectuée sans procéder au démontage, les dispositions du 7.2.12 s'appliquent pour vérifier les conditions diélectriques de la distance de sectionnement et de l'isolement par rapport à la terre.

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

Le Paragraphe 7.10 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.11 Essai des rayonnements X pour les ampoules à vide

Le Paragraphe 7.11 de l'IEC 62271-1:2017 s'applique.

7.101 Essai pour vérifier les performances de fermeture en court-circuit des sectionneurs de terre

7.101.1 Conditions générales d'essai

Les sectionneurs de terre ayant un pouvoir de fermeture en court-circuit doivent être soumis respectivement à deux manœuvres de fermeture (classe E1) ou cinq manœuvres de fermeture (classe E2), suivant une séquence d'essai de fermeture conformément aux procédures du 7.101.7.

Les méthodes d'essai suivantes sont applicables aux sectionneurs de terre à fonction combinée dont l'autre fonction comporte un pouvoir de fermeture en court-circuit:

- les essais de fermeture en court-circuit doivent être d'abord effectués sur les autres fonctions, conformément aux normes applicables, et suivis par les essais de fermeture en court-circuit sur la fonction de mise à la terre, sans maintenance préalable;
- en variante, les essais de fermeture en court-circuit sur les sectionneurs de terre à fonction combinée peuvent être effectués sur un nouveau sectionneur de terre à fonction combinée, ces essais étant précédés d'au moins un essai de fermeture en court-circuit sur l'autre fonction, suivi des essais de fermeture en court-circuit sur la fonction de mise à la terre, sans maintenance préalable. Cette méthode d'essai ne vérifie que le pouvoir de fermeture en court-circuit du sectionneur de terre.

7.101.2 Disposition du sectionneur de terre pour les essais

Le sectionneur de terre doit être soumis aux essais dans des conditions représentatives de l'installation et de l'utilisation en ce qui concerne les connexions, le support, l'enveloppe et les dimensions, conformément au 7.6.2.

Son dispositif de manœuvre doit être actionné comme exigé. En particulier, s'il est actionné électriquement, hydrauliquement ou pneumatiquement, il doit être actionné à la tension d'alimentation ou à la pression minimale.

Pour les sectionneurs de terre remplis de gaz, les essais doivent être effectués à la pression minimale de fonctionnement pour l'isolement et/ou la coupure.

Pour faciliter les essais:

- la tension d'alimentation de la bobine pour la manœuvre de fermeture peut être augmentée pour obtenir une durée de fermeture cohérente, à condition que ceci n'augmente pas la vitesse de fermeture des contacts;
- pour obtenir des durées de fermeture exactes, un verrou électrique ou pneumatique peut être introduit au point de bascule.

Les sectionneurs de terre à manœuvre manuelle indépendante peuvent être manœuvrés en utilisant une configuration qui permette la commande à distance.

NOTE Pour les besoins des essais, il peut être nécessaire de mesurer les caractéristiques de déplacement en utilisant par exemple un enregistreur de mouvement.

7.101.3 Fréquence d'essai

Les sectionneurs de terre doivent être soumis à l'essai à la fréquence assignée, avec une tolérance de $\pm 10\%$.

Cependant, les essais à un facteur de crête de 2,6 ou plus et à une fréquence d'alimentation de 50 Hz ou 60 Hz couvrent les exigences des deux fréquences.

7.101.4 Tension d'essai

La tension d'essai doit être la suivante:

- pour les essais triphasés, la valeur moyenne de la tension appliquée entre phases ne doit pas être inférieure à la tension assignée U_r et ne doit pas dépasser cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur. Les différences entre la valeur moyenne et les tensions appliquées de chaque pôle ne doivent pas dépasser 5 %;
- pour les essais monophasés, la tension appliquée ne doit pas être inférieure à la valeur de la tension phase-terre $U_r/\sqrt{3}$, et ne doit pas dépasser cette valeur de plus de 10 % sans l'accord du constructeur, à l'exception de ce qui suit:

pour les essais monophasés sur les sectionneurs de terre à trois pôles qui présentent un écart entre la première et la seconde entrée en contact pendant la fermeture qui dépasse la moitié d'un cycle de la fréquence assignée, la tension appliquée phase-terre ne doit pas être inférieure à U_r .

7.101.5 Courant établi en court-circuit pour essai

Le courant de court-circuit pendant l'essai de fermeture doit être exprimé en matière de courant de crête et de courant efficace symétrique. La valeur efficace symétrique du courant dans chaque phase à 0,2 s doit valoir au moins 80 % du courant de courte durée admissible assigné. Le courant de crête présumé doit être égal au courant établi assigné en court-circuit (I_{ma}) avec une tolérance de 0 % et +5 %.

La durée du courant de court-circuit doit être au moins de 0,2 s.

Le sectionneur de terre doit être soumis à l'essai dans les deux cas extrêmes spécifiés ci-après:

- établissement à la crête de l'onde de tension (avec une tolérance de -30 degrés électriques à $+15$ degrés électriques) conduisant à un courant de court-circuit symétrique et à la plus longue durée de préarc. Pour faciliter l'essai, des méthodes d'essai alternatives peuvent être utilisées. Les méthodes d'essai alternatives sont décrites à l'Annexe D;
- établissement à un zéro de l'onde de tension, sans préarc, conduisant à un courant de court-circuit complètement asymétrique. Pour faciliter l'essai, celui-ci peut être effectué à une tension appliquée réduite afin d'obtenir le courant établi assigné en court-circuit (I_{ma}). La manœuvre de fermeture peut ne pas se produire exactement à un zéro de l'onde de tension. Cependant, le cas extrême b) est considéré comme satisfait si le courant établi assigné en court-circuit est obtenu.

7.101.6 Circuits d'essai

Les essais de fermeture doivent être réalisés en utilisant un circuit d'essai triphasé ou un circuit d'essai monophasé.

Les essais en triphasé couvrent:

- l'interaction entre les différentes phases;

- les contraintes sur le mécanisme de commande (dans le cas d'un mécanisme de commande commun).

Les sectionneurs de terre tripolaires doivent être soumis à l'essai dans un circuit triphasé pour couvrir à la fois les applications dans des systèmes à neutre effectivement relié à la terre et à neutre non effectivement relié à la terre. Pour les besoins des essais, la sévérité des essais de fermeture, avec des circuits dont le neutre n'est pas relié à la terre ou avec les circuits dont le neutre est solidement relié à la terre, est considérée comme étant équivalente. Cependant, un essai monophasé des sectionneurs de terre de $U_r > 52$ kV est admis dans les cas suivants:

- a) pour les sectionneurs de terre de type multienveloppes ou de type à l'air libre, l'énergie de fermeture étant stockée séparément pour chaque pôle;
- b) pour les sectionneurs de terre fonctionnant pôle après pôle.

7.101.7 Procédures d'essai

Pour la classe E1, les essais doivent être réalisés selon une séquence de deux manœuvres C avec une seule manœuvre à vide O entre les deux, c'est-à-dire C – O (à vide) – C, à moins que le laboratoire d'essai n'ait besoin de davantage de manœuvres à vide entre les manœuvres de fermeture.

Pour les sectionneurs de terre de la classe E2, la séquence d'essai est $2C - x - 2C - y - 1C$, où x et y représentent le nombre arbitraire de manœuvres à vide. Les manœuvres $2C$ sont constituées de C – O (à vide) – C, à moins que le laboratoire d'essai n'ait besoin de davantage de manœuvres à vide entre les manœuvres de fermeture. Aucune exigence n'est stipulée quant à l'intervalle de temps entre les deux manœuvres de fermeture.

Aucune maintenance n'est autorisée au cours d'une séquence d'essai.

Pour les sectionneurs de terre à fonction combinée, le nombre arbitraire de manœuvres à vide représenté par x et y dans la séquence d'essai pour la classe E2 peut être remplacé par des manœuvres de coupure.

En raison d'une non-simultanéité entre les pôles ou des différents instants de l'amorçage des préarcs dans les différents pôles, un courant établi de crête, qui est supérieur à la valeur assignée, peut se produire dans un pôle. C'est particulièrement le cas si, dans un pôle, le courant commence à circuler quelques millisecondes plus tard que dans les deux autres pôles. Si le sectionneur de terre est défaillant au cours d'un tel événement, ceci est considéré comme étant une défaillance du sectionneur de terre.

Les exigences relatives à l'instant de fermeture spécifiées au Tableau 15 doivent être satisfaites pendant les essais.

Tableau 15 – Exigences relatives à l'instant de fermeture

Classe E1	Classe E2
2 essais	5 essais
Au moins 1 essai répondant aux exigences du 7.101.5 a)	Au moins 2 essais répondant aux exigences du 7.101.5 a)
Au moins 1 essai répondant aux exigences du 7.101.5 b)	Au moins 2 essais répondant aux exigences du 7.101.5 b)
NOTE La vitesse de fermeture des contacts des sectionneurs de terre avec le pouvoir de fermeture en court-circuit est généralement suffisamment élevée pour que le préarc maximal et le courant de crête maximal puissent être atteints au cours d'un même essai, à des phases différentes toutefois.	

7.101.8 Comportement des sectionneurs de terre au cours de l'établissement des courants de court-circuit

Au cours des essais de fermeture, les éléments suivants s'appliquent:

- a) les sectionneurs de terre sous enveloppe ayant un courant établi assigné en court-circuit ne doivent pas, pendant le court-circuit, projeter de flammes, de liquides, de gaz, ni de particules à l'extérieur de l'enveloppe;
- b) pour les sectionneurs de terre de type ouvert, aucune émission de flamme ou de particules métalliques ne doit être projetée au-delà des limites spécifiées par le constructeur dans les instructions de fonctionnement.

7.101.9 Conditions du sectionneur de terre après les essais de fermeture en court-circuit

Après la réalisation des manœuvres spécifiées, les parties mécaniques, les éléments se rapportant à la maîtrise du champ électrique (par exemple, les électrodes de répartition de champ d'un sectionneur de terre pour poste à isolation gazeuse) et les isolateurs du sectionneur de terre doivent être pratiquement dans le même état qu'auparavant. Les propriétés isolantes ne doivent pas être détériorées. Le pouvoir de fermeture en court-circuit et la tenue au courant de courte durée admissible peuvent être compromis.

NOTE La durée de vie utile du sectionneur de terre par rapport au pouvoir de fermeture en court-circuit et à la tenue au courant de courte durée admissible est généralement considérée comme étant terminée à l'issue du nombre spécifié de manœuvres de fermeture nécessitant une maintenance ou un remplacement.

Pour vérifier cette exigence, le sectionneur de terre doit remplir les conditions suivantes d'examen:

- a) conditions mécaniques: Après chaque manœuvre, seule une légère soudure des contacts est autorisée. Toutefois, le sectionneur de terre doit être en mesure de s'ouvrir et se fermer dans les conditions données au 6.5 et au 6.6, avec les valeurs assignées pour les dispositifs à source d'énergie extérieure ou avec 120 % des valeurs données pour les dispositifs à manœuvre manuelle indiquées au 6.105, au moyen de la poignée de manœuvre normale;
- b) continuité électrique: L'inspection visuelle après la manœuvre à vide est habituellement suffisante pour vérifier la continuité électrique du sectionneur de terre. En cas de doute, la continuité électrique doit être mesurée conformément au 7.4.3 de l'IEC 62271-1:2017;
- c) exigences diélectriques: L'inspection visuelle est habituellement suffisante pour vérifier l'exigence ci-dessus. En cas de doute, un essai de tension doit être réalisé en tant que vérification d'état, conformément au 7.2.12. En variante, les dispositions de 6.2.11 de l'IEC 62271-100:2008 + A2:2012 + A2:2017 peuvent être utilisées pour $U_r > 72,5$ kV. La pression minimale de fonctionnement du gaz pour l'isolement doit être utilisée, le cas échéant. Pour les sectionneurs de terre qui sont scellés à vie, l'essai de tension en tant que vérification d'état est obligatoire.

7.101.10 Essais non valables

Dans le cas d'un essai non valable, il peut devenir nécessaire d'effectuer un nombre d'essais de fermeture en court-circuit supérieur à celui qu'exige le présent document. Un essai non valable est un essai au cours duquel au moins un paramètre d'essai spécifié par le document n'est pas atteint. Ceci comprend, par exemple, les courants, les tensions et les temps, ainsi que les exigences sur l'onde (si spécifié) et les particularités complémentaires des essais synthétiques.

L'écart par rapport au document peut rendre l'essai plus ou moins sévère. Quatre cas de figure sont envisagés dans le Tableau 16.

Tableau 16 – Essais non valables

Conditions d'essai par rapport à la norme	Sectionneur de terre ayant réussi	Sectionneur de terre ayant échoué
Plus sévère	Essai valable, résultat accepté	Essai à répéter avec les paramètres corrects Modification de la conception du sectionneur de terre non exigée
Moins sévère	Essai à répéter avec les paramètres corrects Modification de la conception du sectionneur de terre non exigée	Modification de la conception du sectionneur de terre exigée, pour améliorer le pouvoir de fermeture. Tous les essais doivent être répétés sur le sectionneur de terre modifié.
NOTE Un essai "Plus sévère" est considéré comme étant effectué à une tension et/ou un courant au-dessus des tolérances et, pour les méthodes d'essai alternatives, avec une durée de préarc plus longue.		

Dans le cas de conditions d'essai moins sévères, la partie non valable d'une séquence d'essai peut être répétée sans remise en état du sectionneur de terre. Dans ces cas, le rapport d'essai doit citer l'essai non valable. Toutefois, en cas de défaillance du sectionneur de terre au cours de ces essais supplémentaires, ou à l'initiative du constructeur, le sectionneur de terre peut être reconditionné et la séquence d'essai complète répétée. Si l'enregistrement d'une manœuvre ne peut pas être réalisé pour des raisons techniques, cette manœuvre est considérée comme valable, dans la mesure où il peut être démontré par un autre biais que le sectionneur de terre n'a pas présenté de défaillance et que les valeurs d'essai exigées étaient conformes.

Dans le cas d'essais directs en triphasé (source d'alimentation unique), même si les exigences en 7.101.5 a) et/ou 7.101.5 b) ne sont toujours pas satisfaites pendant la répétition de la séquence d'essai complète, le sectionneur de terre est considéré comme ayant satisfait à l'essai si les exigences spécifiées en 7.101.8 et 7.101.9 sont satisfaites.

7.101.11 Rapports d'essais de type

Les résultats de l'essai de type doivent être consignés dans des rapports d'essais de type comportant des données suffisantes pour démontrer la conformité aux exigences de fonctionnement en courant établi assigné en court-circuit. Il convient d'inclure des renseignements suffisants pour pouvoir identifier les parties essentielles du sectionneur de terre soumis à l'essai. Se reporter à 7.1.2 de l'IEC 62271-1:2017.

Le rapport d'essai doit contenir les renseignements sur les dispositions d'essais, les circuits d'essai et les procédures d'essai.

Il convient d'inclure des renseignements généraux concernant la structure support du sectionneur de terre. Il convient de consigner, le cas échéant, le type des dispositifs de manœuvre utilisés pendant les essais.

Des enregistrements oscillographiques typiques ou analogues doivent être prévus de manière à pouvoir déterminer ce qui suit:

- le courant établi exprimé en valeur crête et la valeur efficace à 0,2 s;
- les tensions appliquées;
- la valeur instantanée des tensions au moment de la fermeture;
- la durée de préarc.

7.102 Essais de fonctionnement et d'endurance mécanique

7.102.1 Conditions générales d'essai

L'essai doit être réalisé à la température de l'air ambiant du local d'essai. Pendant l'essai, les températures ambiantes doivent être enregistrées et les valeurs maximales et minimales incluses dans le rapport d'essai.

La tension d'alimentation doit être mesurée aux bornes des dispositifs de manœuvre au moment du passage du plein courant. Les appareils auxiliaires faisant partie du dispositif de manœuvre doivent être pris en compte.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre triphasés manœuvrés par un mécanisme pour lequel l'application de l'effort sur les bornes est exigée, l'effort doit être appliqué à toutes les bornes simultanément.

7.102.2 Essai de la zone de contact

Cet essai doit être réalisé dans le but de démontrer le bon fonctionnement des sectionneurs à éléments séparés ou des sectionneurs de terre à éléments séparés, dans les différentes positions du contact fixe à l'intérieur des limites de la zone de contact assignée définie selon le 5.103 et les Figures 6 et/ou 7. Avec le dispositif en position d'ouverture, le contact fixe doit être placé dans les positions suivantes:

- a) à une hauteur égale à h suivant l'axe vertical du montage;
- b) à une hauteur égale à $h - z_r$ suivant le même axe;
- c) à une hauteur égale à h et déplacé de l'axe vertical de façon horizontale de $+y_r/2$;
- d) à une hauteur égale à h et déplacé de l'axe vertical de façon horizontale de $-y_r/2$;
- e) positions a) à d) à une distance égale à $+x_r/2$;
- f) positions a) à d) à une distance égale à $-x_r/2$,

où

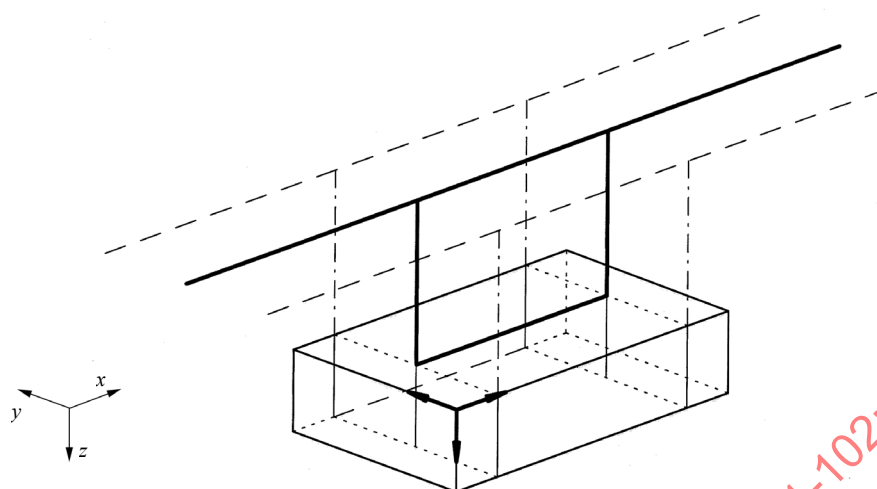
h est la position la plus haute (spécifiée par le constructeur) du contact fixe au-dessus du plan de fixation;

x_r est l'amplitude totale du mouvement du contact fixe dans la direction x ;

y_r est l'amplitude totale du mouvement du contact fixe dans la direction y ;

l'indice r indique la valeur assignée attribuée au sectionneur ou au sectionneur de terre par le constructeur.

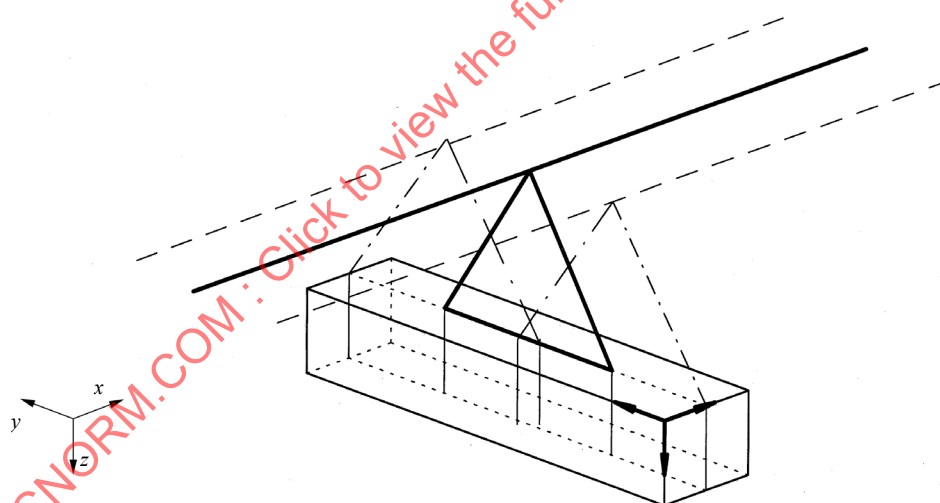
Dans chaque position, le dispositif doit fermer et ouvrir correctement.



IEC

Légende

- x Longitudinal au support (influence de la température)
- y Perpendiculaire au support (influence du vent)
- z Déviation verticale (température et glace)

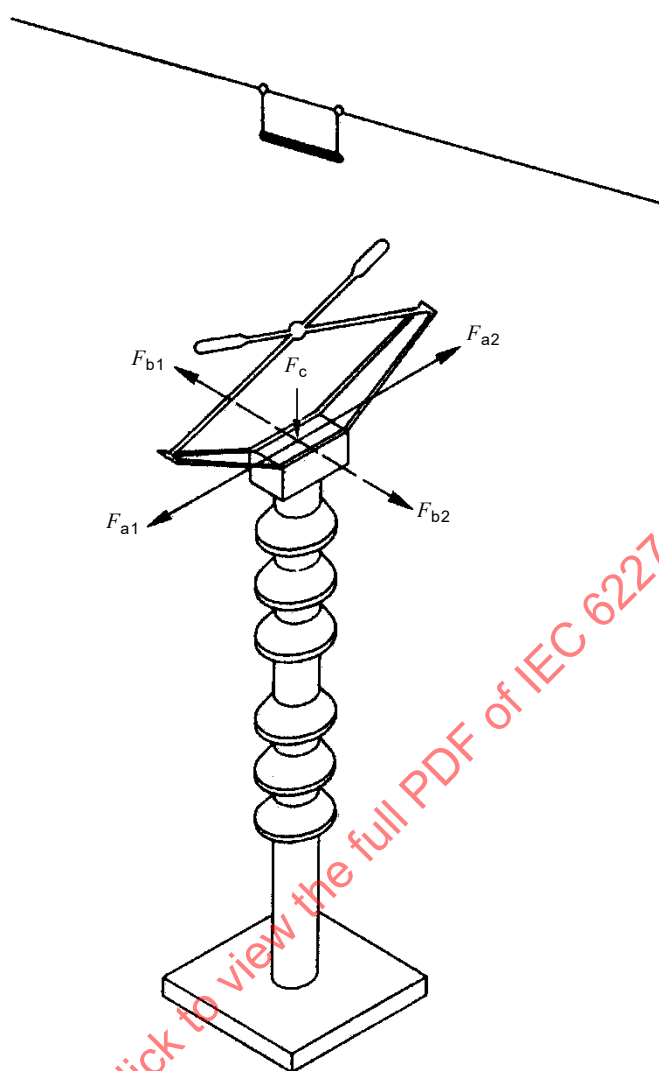
Figure 6 – Contact fixe parallèle au support

IEC

Légende

- x Longitudinal au support (influence de la température)
- y Perpendiculaire au support (influence du vent)
- z Déviation verticale (température et glace)

Figure 7 – Contact fixe perpendiculaire au support



IEC

NOTE Le contact fixe est représenté au-dessus du pantographe.

Figure 8 – Exemple d'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes d'un sectionneur (ou sectionneur de terre) pantographe (à éléments séparés)

7.102.3 Essai d'endurance mécanique

7.102.3.1 Procédure d'essai

Les essais définis dans 7.102.3.1 et dans 7.102.3.2 doivent être réalisés sur les sectionneurs et sectionneurs de terre de classe M0.

L'essai d'endurance mécanique doit comprendre 1 000 cycles de manœuvre. Pour les sectionneurs ou sectionneurs de terre avec un effort assigné sur les bornes, 50 % des efforts statiques assignés sur les bornes doivent être appliqués pendant l'essai selon la direction F_{a1} ou F_{a2} (Figure 8 et Figure 9), sans tension ou courant appliqués sur le circuit principal. Pour les sectionneurs ayant deux ou trois isolateurs et une distance normale de sectionnement horizontale, les 50 % des efforts statiques assignés sur les bornes doivent être appliqués des deux côtés du sectionneur, mais dans des directions opposées. Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre avec un seul isolateur (les isolateurs de manœuvre n'étant pas pris en considération) l'effort sur la borne doit être appliqué uniquement d'un seul côté du sectionneur ou du sectionneur de terre. Après l'application de 50 % des efforts statiques assignés sur les bornes, le sectionneur ou sectionneur de terre peut être réglé avant de réaliser les essais.

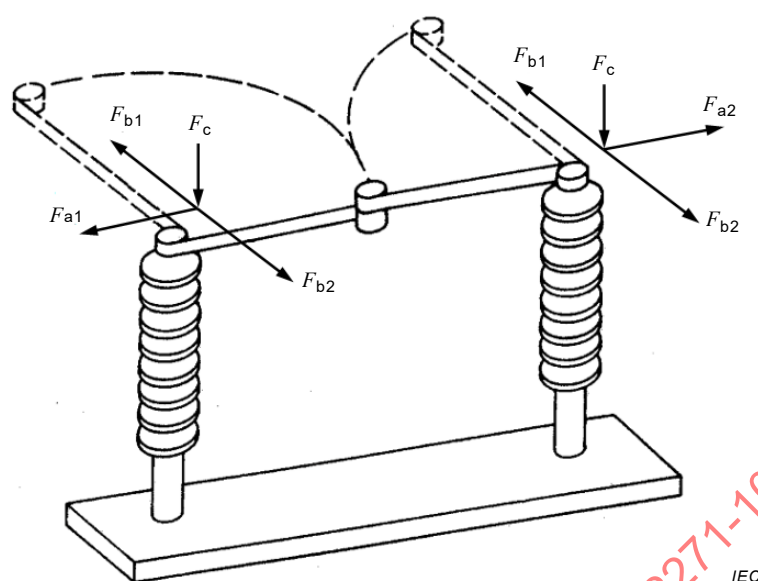


Figure 9 – Exemple d'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes d'un sectionneur à deux colonnes

Les positions de fermeture et d'ouverture doivent être atteintes à chaque cycle de manœuvres.

Pendant l'essai, le fonctionnement des contacts auxiliaires et de commande et des dispositifs de signalisation de position (le cas échéant) doit satisfaire aux exigences spécifiées en 6.104 et 6.4 de l'IEC 62271-1:2017. L'essai est considéré comme non satisfait si l'un des contacts auxiliaires et de commande ou des dispositifs de signalisation de position ne fonctionne pas au cours de l'un des cycles de manœuvre de fermeture-ouverture.

L'essai doit être réalisé sur des sectionneurs et des sectionneurs de terre équipés de leurs propres mécanismes de commande. Pendant l'essai, le graissage est permis conformément aux instructions du constructeur, mais pas les réglages mécaniques ou autre maintenance.

Sur un sectionneur ou un sectionneur de terre ayant un mécanisme de commande à énergie extérieure:

- 900 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture doivent être réalisés à la tension d'alimentation assignée et/ou à la pression assignée d'alimentation en gaz comprimé;
- 50 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension minimale spécifiée d'alimentation et/ou à la pression minimale spécifiée d'alimentation en gaz comprimé;
- 50 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension maximale spécifiée d'alimentation et/ou à la pression maximale spécifiée d'alimentation en gaz comprimé.

Aucun intervalle de temps spécifique entre les cycles de manœuvre ou entre les manœuvres de fermeture et d'ouverture n'est exigé. Cependant, ces essais doivent être réalisés à une cadence telle que les échauffements des dispositifs de manœuvre électriques sous tension ne dépassent pas les valeurs spécifiées. Pour le même objectif, un système de refroidissement extérieur peut être utilisé au cours de l'essai.

Pour les sectionneurs et sectionneurs de terre manœuvrés manuellement, la poignée de manœuvre peut, pour la commodité de l'essai, être remplacée par un dispositif de manœuvre à source extérieure d'énergie. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de faire varier les paramètres d'alimentation.

7.102.3.2 Vérification de la réussite du fonctionnement

Pour l'évaluation des caractéristiques fonctionnelles, avant et après le programme d'essai d'endurance mécanique, les manœuvres suivantes doivent être effectuées sans l'application des efforts statiques sur les bornes:

- cinq cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension d'alimentation assignée et/ou pression d'alimentation assignée (le cas échéant);
- cinq cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension minimale d'alimentation et/ou pression minimale d'alimentation (le cas échéant);
- cinq cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension maximale d'alimentation et/ou pression maximale d'alimentation (le cas échéant);
- cinq cycles de manœuvres manuelles de fermeture-ouverture si l'appareil de connexion peut être manœuvré manuellement.

Pendant ces cycles de manœuvre, les caractéristiques fonctionnelles telles que, le cas échéant, les durées de manœuvre, la consommation d'énergie ou les forces maximales pour la manœuvre manuelle doivent être enregistrées. Le fonctionnement correct des contacts auxiliaires et de commande et des indicateurs de position (le cas échéant) doit être vérifié. Il n'est pas nécessaire d'inclure tous les oscillogrammes enregistrés dans le rapport d'essai de type.

Les écarts entre les valeurs moyennes de chaque paramètre mesurées avant et après l'essai d'endurance mécanique, doivent être compris dans les tolérances indiquées par le constructeur.

Après l'essai, tous les éléments, y compris les contacts, doivent être soumis à une inspection visuelle pour vérifier leur bon état et ils ne doivent pas présenter d'usure excessive; voir aussi le point 6 de 7.5.6.2 de l'IEC 62271-1:2017. La résistance du circuit principal, c'est-à-dire des sectionneurs, doit être mesurée avant et après l'essai d'endurance mécanique, à proximité immédiate des contacts. La résistance ne doit pas augmenter de plus de 20 % par rapport à celle mesurée avant l'essai. Si cette limite est dépassée, un essai au courant permanent assigné (7.5) doit être effectué pour démontrer que l'échauffement des contacts ne dépasse pas les limites indiquées au Tableau 14 de l'IEC 62271-1:2017, en surveillant la température aux points les plus proches des contacts.

Pour les sectionneurs de terre dont les contacts sont visibles, les positions de fermeture et d'ouverture maximales pendant la manœuvre après l'essai d'endurance mécanique doivent être vérifiées par inspection visuelle.

Pour les sectionneurs de terre dont les contacts ne sont pas visibles, les positions de fermeture et d'ouverture maximales pendant la manœuvre après l'essai d'endurance mécanique doivent être vérifiées à l'aide de l'enregistrement des déplacements ou autres méthodes appropriées.

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à isolation gazeuse, un essai d'étanchéité selon 7.8 doit être réalisé avant et après l'essai d'endurance mécanique.

Pour les sectionneurs équipés de résistances dans les appareillages sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, la variation maximale de la résistance ohmique de la résistance complète après l'essai ne doit pas dépasser 5 % de la valeur mesurée avant l'essai.

7.102.4 Fonctionnement au cours de l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes

Vingt cycles de manœuvre à la tension d'alimentation assignée doivent être réalisés avec les efforts mécaniques statiques assignés appliqués sur chaque borne dans les directions spécifiées par le constructeur. Lorsque plusieurs configurations d'effort sont spécifiées par le

constructeur, les 20 cycles de manœuvre doivent être répétés pour chaque configuration. Les trois composantes de chaque effort sur les bornes peuvent être appliquées par un conducteur tirant dans la direction résultante et avec la force résultante des trois vecteurs.

NOTE Toute combinaison éventuelle des forces résultantes appliquées aux bornes correspond à une configuration à une charge.

Des exemples d'efforts sur les bornes appliqués aux différents types de sectionneurs sont présentés à la Figure 8 et à la Figure 9.

Un exemple de configurations éventuelles pour un sectionneur à deux colonnes est présenté ci-dessous:

- effort longitudinal appliqué selon la direction F_{a1} à une borne et F_{a2} à la borne opposée;
- effort transversal appliqué selon la direction F_{b1} ou F_{b2} , aux deux bornes dans la même direction;
- effort vertical appliqué selon la direction F_c aux deux bornes (à l'exception des sectionneurs spécifiés pour être raccordés aux conducteurs souples).

Pour les sectionneurs et les sectionneurs de terre à commande uniquement manuelle, le nombre de cycles de manœuvre est réduit à 10.

Les efforts doivent être appliqués sur les deux bornes en même temps.

Le sectionneur ou le sectionneur de terre peut être réglé avant l'essai et après avoir été soumis à 50 % de l'effort mécanique longitudinal ou perpendiculaire assigné sur les bornes.

Pendant chaque manœuvre, le sectionneur ou le sectionneur de terre doit fermer et ouvrir correctement.

Pour vérification, avant et après la séquence complète de cycles de manœuvre, les dispositions du 7.102.3.2 et les critères de comparaison appropriés exigés en 7.102.3.1 pour les essais d'endurance mécanique, s'appliquent (c'est-à-dire sans les efforts mécaniques statiques appliqués sur les bornes).

7.102.5 Essais complémentaires d'endurance mécanique

Les essais définis dans ce paragraphe doivent être réalisés sur des sectionneurs de classes M1 et M2 et des sectionneurs de terre de classe M1.

Dans le cas de sectionneurs et de sectionneurs de terre pour postes à isolation gazeuse, l'enveloppe ne doit pas être ouverte pendant l'essai.

Les essais doivent être effectués comme suit:

- a) Le programme d'essais complémentaires d'endurance mécanique doit comprendre un nombre de manœuvres de fermeture-ouverture selon 7.102.1 et 7.102.3.1.

Selon la classe assignée, un des nombres suivants de cycles de manœuvre doit être exécuté:

- 2 000 (pour la classe M1);
- 10 000 (pour la classe M2).

Après la première série de 1 000 cycles de manœuvre, une maintenance comme le graissage et le réglage mécanique est permise et doit être réalisée en accord avec les instructions du constructeur et sa référence mentionnée dans le rapport d'essai. Une modification des parties dans le circuit principal et dans la chaîne cinématique n'est pas permise.

Après chaque série suivante de 1 000 cycles de manœuvre ou à des intervalles de maintenance (si moins de 1 000 cycles de manœuvre), les caractéristiques fonctionnelles doivent être enregistrées et évaluées (si à manœuvre électrique) à la pression ou tension assignée.

Le programme de maintenance doit être défini par le constructeur avant les essais et consigné dans le rapport d'essai.

- b) Avant et après le programme d'essai complet, la vérification du bon fonctionnement doit être effectuée selon les exigences de 7.102.3.2.
- c) De plus, après le programme d'essai complet, des contrôles et des essais doivent être réalisés comme suit:
 - l'essai de la zone de contact (7.102.2), le cas échéant;
 - la vérification du fonctionnement durant l'application des efforts mécaniques statiques assignés sur les bornes (7.102.4), le cas échéant;
 - la vérification du fonctionnement correct avec la durée d'ordre de manœuvre minimale spécifiée dans la documentation du constructeur;
 - la vérification du fonctionnement des dispositifs limiteurs de contrainte mécanique, le cas échéant.

7.102.6 Essais des dispositifs de verrouillage mécanique

Lorsque des dispositifs de verrouillage mécanique sont prévus pour bloquer l'arbre de commande ou la chaîne cinématique de puissance, les sectionneurs et les sectionneurs de terre qui ne sont pas couverts par les normes d'ensemble d'appareillages (par exemple, l'IEC 62271-200, l'IEC 62271-201 et l'IEC 62271-203) doivent être soumis à l'essai comme ci-dessous.

Tous les dispositifs de verrouillage doivent être soumis à 5 tentatives de manœuvre de fermeture et/ou d'ouverture pour toute position verrouillée du sectionneur et/ou sectionneur de terre, afin de démontrer la conformité aux exigences de 6.12.

Avant chaque tentative, les dispositifs de verrouillage doivent être placés dans la position prévue pour empêcher la manœuvre de l'appareil de connexion, ensuite une tentative doit être faite pour manœuvrer l'appareil de connexion verrouillé. Les efforts de manœuvre donnés en 6.12 doivent être appliqués. Les appareils de connexion ou les dispositifs de verrouillage ne doivent faire l'objet d'aucun réglage.

Les essais sont considérés comme satisfaisants si les appareils de connexion verrouillés et les dispositifs de verrouillage sont en bon état de fonctionnement et si les efforts exigés pour la manœuvre des appareils de connexion sont pratiquement les mêmes avant et après les essais.

Les efforts de manœuvre sont envisagés comme étant les mêmes si la valeur moyenne mesurée après l'essai est comprise dans les valeurs minimale et maximale mesurées avant l'essai. Il convient d'effectuer au moins trois manœuvres de fermeture/ouverture avant l'essai afin de fixer les valeurs minimale et maximale utilisées pour l'acceptation de la manœuvre de fermeture ou d'ouverture après l'essai.

7.103 Fonctionnement dans des conditions sévères de formation de glace

7.103.1 Généralités

Les essais définis dans le présent paragraphe ne doivent être réalisés que si le constructeur garantit un fonctionnement adéquat des sectionneurs et sectionneurs de terre dans des conditions sévères de formation de glace (c'est-à-dire une épaisseur de glace d'au moins 10 mm).

Les sectionneurs et les sectionneurs de terre ayant des dispositifs permettant de s'adapter à un pouvoir d'établissement et de coupure de courant de transfert de barres (sectionneurs uniquement) et à un pouvoir d'établissement et de coupure des courants induits (sectionneurs de terre uniquement) doivent être soumis à l'essai avec ces dispositifs montés.

NOTE La formation de glace peut présenter des difficultés pour la manœuvre des systèmes à fonctionnement électrique. Dans certaines conditions atmosphériques, un dépôt de glace peut se former sur une épaisseur qui parfois rend difficile la manœuvre des équipements de coupure extérieurs.

7.103.2 Disposition d'essai

- a) Tous les éléments du sectionneur ou du sectionneur de terre à soumettre à l'essai doivent être assemblés avec leur mécanisme de commande, dans une salle qui peut être réfrigérée à une température conforme aux exigences données en 7.103.3. L'alimentation des éléments de chauffage du mécanisme de commande est permise pendant les essais. Les supports, les isolateurs de manœuvre et les autres organes de manœuvre peuvent être raccourcis pour réduire la hauteur de l'ensemble afin de s'adapter aux installations d'essais disponibles, à condition que l'angle de rotation des éléments concernés et que la flexion des parties de liaison restent inchangés.

Dans le choix de la capacité de réfrigération exigée, il convient de tenir compte de la chaleur contenue dans l'eau qui est pulvérisée sur l'appareil en essai.

- b) Des éléments unipolaires d'appareil tripolaire peuvent être soumis à l'essai si chaque pôle possède un mécanisme de commande séparé. Dans le cas d'un appareil tripolaire de tension inférieure ou égale à 52 kV ayant un mécanisme de commande commun aux trois pôles, le dispositif tripolaire complet doit être soumis à l'essai. Dans le cas de tensions supérieures à 52 kV et lorsque le laboratoire d'essai ne peut pas installer des appareils tripolaires normalisés complets, il est admis de modifier, dans toute la mesure du possible, les structures de montage, les supports isolants ou l'espacement pour pouvoir réaliser l'essai sur les trois pôles. S'il n'est pas possible d'effectuer les essais même dans cette configuration, il est admis de les effectuer avec un appareil unipolaire entraîné par le mécanisme de commande commun. Dans ce dernier cas, les informations détaillées exactes de la procédure d'essai et le couple mesuré doivent être consignés afin d'évaluer le résultat d'essai par rapport à l'aptitude du mécanisme à manœuvrer l'appareil tripolaire. Dans tous les cas, il n'est pas permis de modifier la distance de sectionnement d'origine pour le sectionneur ou l'intervalle d'isolement pour le sectionneur de terre.
- c) Le sectionneur ou le sectionneur de terre doit être soumis à l'essai de manœuvre séparée à partir de la position d'ouverture et à partir de la position de fermeture.
- d) Avant l'essai, toute trace d'huile ou de graisse sur les parties qui n'ont pas besoin d'être lubrifiées en service doit être enlevée avec un solvant approprié. En effet, un mince film d'huile ou de graisse empêche l'adhérence de la glace et modifie fortement les résultats des essais.
- e) Pour mesurer l'épaisseur de glace, une barre ou un tube en cuivre de 30 mm de diamètre et de 1 m de long doit être monté(e) en position horizontale à un endroit où il (elle) reçoit la même quantité d'eau de pluie que l'appareil en essai.
- f) La disposition d'essai doit permettre l'arrosage de tout l'appareil avec une pluie artificielle tombant selon différents angles compris entre la verticale et 45°. Il convient de refroidir l'eau utilisée pour l'arrosage à une température comprise entre 0 °C et 3 °C. L'eau doit atteindre l'objet d'essai à l'état liquide.

7.103.3 Procédure d'essai

7.103.3.1 Contrôles avant la formation de la couche de glace

Avant l'essai, le sectionneur/sectionneur de terre doit être soumis:

- à 5 cycles de manœuvres de fermeture-ouverture à la tension d'alimentation assignée et/ou pression d'alimentation assignée (le cas échéant);

- à 5 cycles de manœuvres manuelles de fermeture-ouverture si l'appareil de connexion ne peut être manœuvré que manuellement;
- au mesurage de la résistance du circuit principal conformément au 7.4.4.

Pendant les cycles de manœuvre, les caractéristiques fonctionnelles telles que, le cas échéant, les durées de manœuvre, la consommation d'énergie ou les forces maximales pour les manœuvres manuelles doivent être enregistrées. Le bon fonctionnement des contacts auxiliaires et de commande et de l'indicateur de position (le cas échéant) doit être vérifié. Il n'est pas nécessaire d'inclure tous les oscillogrammes enregistrés dans le rapport d'essai de type.

7.103.3.2 Formation de la couche de glace

Les revêtements naturels de glace peuvent être divisés en deux catégories principales:

- a) la glace transparente due généralement à une chute de pluie dans de l'air à une température légèrement en dessous du point de congélation de l'eau, et
- b) le givre, d'un aspect blanc caractéristique, produit par exemple par la condensation de l'humidité sur des surfaces froides.

Pour les essais de type, une couche de glace transparente solide de l'épaisseur exigée, doit être produite selon la procédure décrite ci-dessous.

- a) Abaisser la température de la salle jusqu'à 2 °C et démarrer l'arrosage avec de l'eau préalablement refroidie. Continuer cet arrosage pendant au moins 1 h tout en maintenant la température de la salle entre 0,5 °C et 3 °C.
- b) Abaisser la température de la salle jusqu'à la plage comprise entre –7 °C et –3 °C tout en continuant l'arrosage d'eau. La vitesse de variation de la température n'est pas critique et peut donc être celle qu'autorise l'installation de réfrigération disponible.
- c) Maintenir la température de la salle dans la plage comprise entre –7 °C et –3 °C et continuer à arroser jusqu'à ce que l'épaisseur de glace spécifiée à la surface supérieure de la barre-témoin puisse être mesurée. Il convient de régler la quantité d'eau pour provoquer une accumulation de glace à raison d'environ 6 mm/h.

NOTE 1 Si les capacités calorifiques spécifiques par unité de surface de la barre témoin et de l'appareil en essai diffèrent considérablement, même des conditions identiques d'arrosage peuvent donner lieu à la formation de couches de glace très différentes. Ces différences d'épaisseur peuvent être réduites le plus possible en effectuant de courtes périodes d'arrosage en alternance avec des périodes plus longues de refroidissement.

NOTE 2 À titre indicatif, il a été observé qu'une quantité de 20 l à 80 l d'eau par heure et par m² de surface arrosée est exigée pour obtenir une vitesse de dépôt de glace d'environ 6 mm/h.

- d) Arrêter l'arrosage et maintenir la température de la salle dans la plage comprise entre –7 °C et –3 °C pendant une durée d'au moins 4^{+2}_0 h. Cela assure que tous les éléments du sectionneur/sectionneur de terre et la couche de glace ont atteint une température constante.

7.103.3.3 Contrôles après la formation de la couche de glace

Après la formation de la couche de glace, le fonctionnement correct du sectionneur/sectionneur de terre doit être vérifié:

- si le sectionneur ou le sectionneur de terre est à commande manuelle, le fonctionnement est considéré comme satisfaisant si l'appareil a été manœuvré jusqu'à sa position finale d'ouverture ou de fermeture par l'application d'efforts de manœuvre normaux (capables d'éliminer la couche de glace au point d'insertion de la poignée);
- si le sectionneur ou le sectionneur de terre est à commande électrique, pneumatique ou hydraulique, le fonctionnement est considéré comme satisfaisant si l'appareil a été

manœuvré à la première tentative jusqu'à sa position finale d'ouverture ou de fermeture par son dispositif de manœuvre alimenté à sa tension ou pression assignée.

Immédiatement après la manœuvre de fermeture, la continuité électrique à travers les contacts doit être vérifiée.

Lorsque le sectionneur/sectionneur de terre est sans glace, il doit être soumis aux mêmes contrôles spécifiés en 7.103.3.1, la température de la salle étant rétablie à la température ambiante normale (au-dessus de 10 °C). L'appareil doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si ses performances mécaniques et électriques ne sont pas affectées. Cette condition doit être considérée comme satisfaite si:

- la résistance mesurée avant la formation de la couche de glace n'a pas augmenté de plus de 20 %;
- les écarts entre les valeurs moyennes de chaque paramètre, mesurées avant la formation de la couche de glace, sont compris dans les tolérances indiquées par le constructeur.

La procédure complète liée à la couche de glace et les contrôles associés doivent être effectués pour chaque position (c'est-à-dire de fermeture/d'ouverture) sur le sectionneur et/ou sectionneur de terre. La couche de glace doit s'éliminer naturellement entre les essais, en exposant par exemple l'appareil pendant une période suffisante à une température ambiante adéquate.

7.104 Essais à basse et haute température

7.104.1 Généralités

Si les températures limites pour les conditions de service de l'appareil (définies par le constructeur) sont supérieures à +40 °C ou inférieures à –5 °C, la procédure suivante doit être appliquée:

Des éléments unipolaires d'appareil tripolaire peuvent être individuellement soumis aux essais si chaque pôle possède un mécanisme de commande séparé. Dans le cas d'un appareil tripolaire de $U_r \leq 52$ kV ayant un mécanisme de commande commun aux trois pôles, le dispositif tripolaire complet doit être soumis aux essais.

Dans le cas de $U_r > 52$ kV et lorsque le laboratoire d'essai ne peut pas installer des appareils tripolaires normalisés complets, il est admis de modifier, dans toute la mesure du possible, les structures de montage, les supports isolants ou l'espacement afin de pouvoir réaliser les essais sur les trois pôles. S'il n'est pas possible d'effectuer les essais même dans cette configuration, il est admis de les effectuer avec un appareil unipolaire entraîné par le mécanisme de commande commun. Dans ce dernier cas, les informations détaillées exactes de la procédure d'essai et le couple mesuré doivent être consignés afin d'évaluer le résultat d'essai par rapport à l'aptitude du mécanisme à manœuvrer l'appareil tripolaire. Dans tous les cas, il n'est pas permis de modifier la distance de sectionnement d'origine pour le sectionneur ou l'intervalle d'isolement pour le sectionneur de terre.

Si des sources de chaleur sont exigées, elles doivent fonctionner.

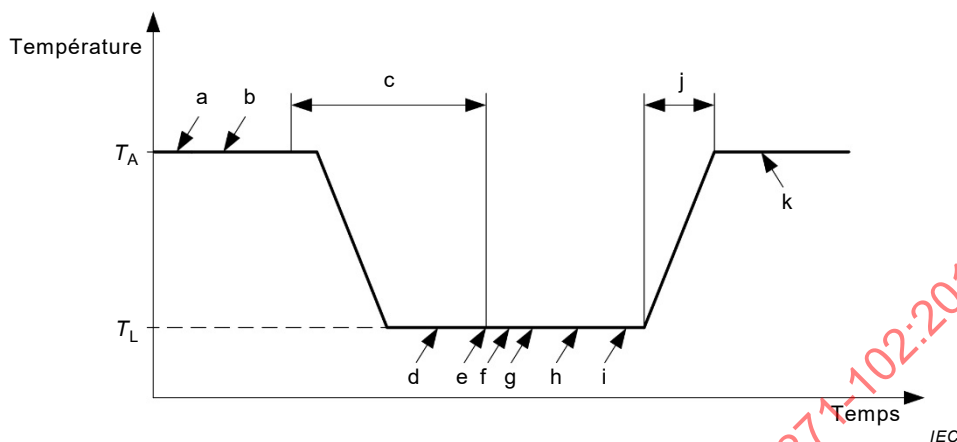
Aucune maintenance, aucun remplacement de pièces, aucun graissage et aucun nouveau réglage de l'appareil ne sont autorisés au cours des essais. Pour les systèmes à pression d'isolement, les essais doivent être effectués à la pression assignée de remplissage pour l'isolement et/ou la coupure. Les caractéristiques enregistrées doivent être conformes aux tolérances spécifiées par le constructeur.

7.104.2 Mesurage de la température de l'air ambiant

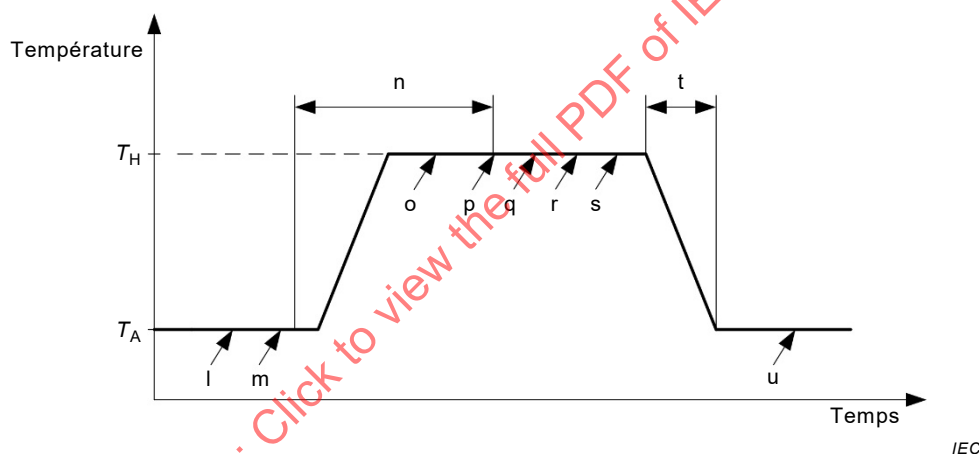
L'écart maximal de température le long de la hauteur de l'appareil ne doit pas dépasser 5 K, la température étant mesurée à une distance de 1 m de l'appareil.

7.104.3 Essai à la température basse

Le diagramme des séquences d'essai et l'identification des points d'application pour les essais spécifiés sont présentés à la Figure 10 a).



a) Essai à la température basse



b) Essai à la température haute

NOTE Les lettres a à u identifient les points d'application des essais spécifiés en 7.104.3 et 7.104.4.

Figure 10 – Séquences d'essai pour les essais à basse et haute température

Si l'essai à la température basse est effectué immédiatement après l'essai à la température haute sur le même échantillon, l'essai à la température basse peut être effectué après l'achèvement du point (t) de l'essai à la température haute. Dans ce cas, les points (a) et (b) ne sont pas pris en considération.

- L'objet d'essai doit être réglé conformément aux instructions du constructeur.
- Les caractéristiques et les réglages de l'objet d'essai doivent être enregistrés conformément au 7.102.3.2 et à une température de l'air ambiant de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (T_A). L'essai d'étanchéité pour les systèmes à pression d'isolement doit être effectué selon 7.8.
- Le sectionneur étant en position de fermeture et/ou le sectionneur de terre en position d'ouverture, la température de l'air doit être réduite à la température minimale de l'air ambiant (T_L) appropriée, selon les conditions de service définies par le constructeur et conformément à l'Article 2, à un taux de variation de 10 K par heure environ. Le sectionneur doit être maintenu en position de fermeture et/ou le sectionneur de terre en position d'ouverture pendant au moins 12 h après stabilisation de la température de l'air ambiant à la température T_L .